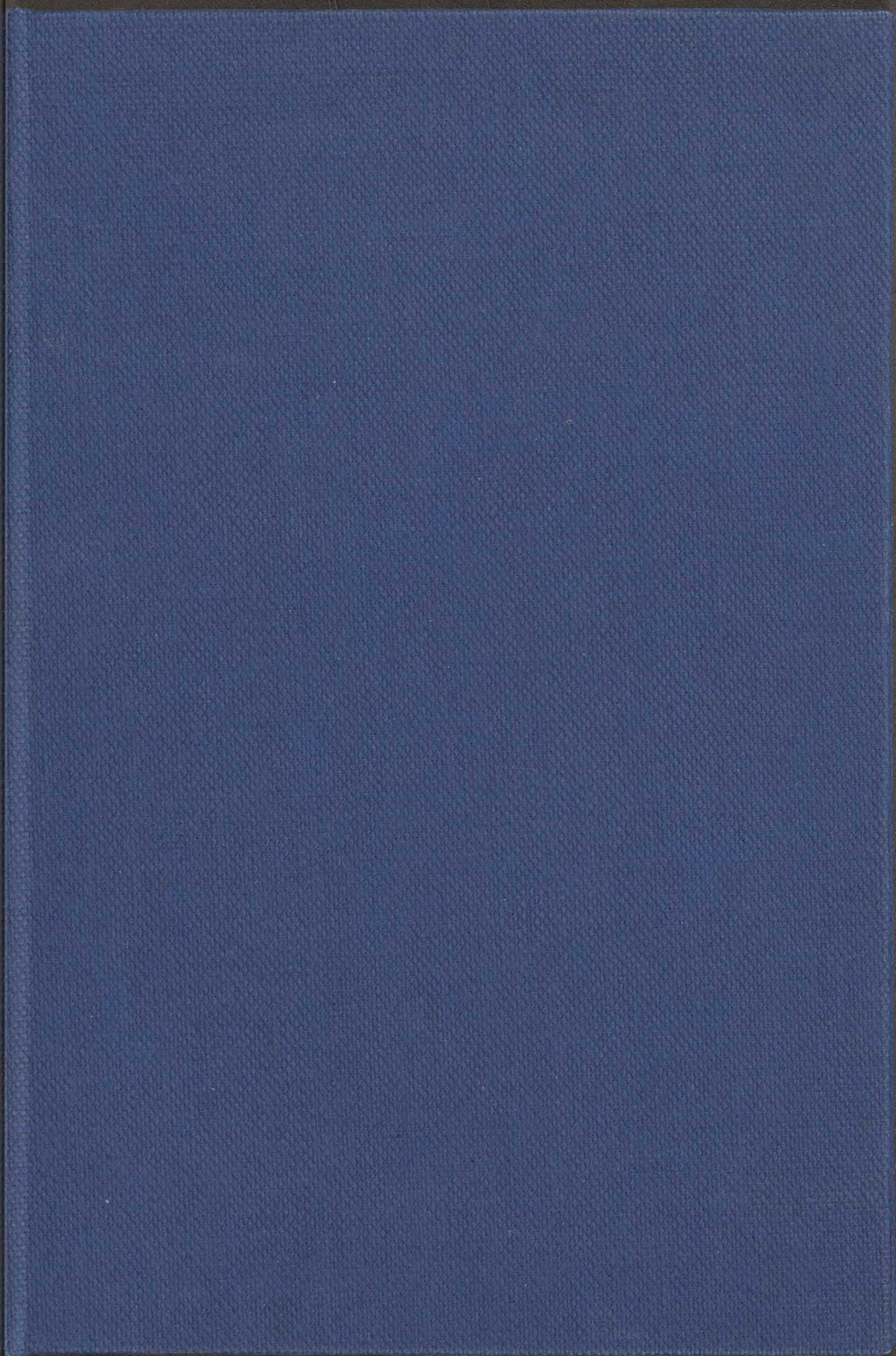
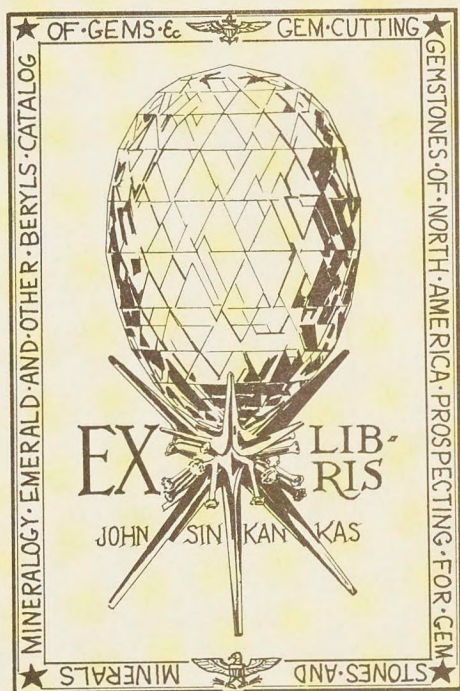










457

Nachrichten

von der

Königl. Gesellschaft der Wissenschaften
und der Georg-Augusts-Universität
zu Göttingen.

28. Juni

Nö. 16.

1882.

Königliche Gesellschaft der Wissenschaften.

Sitzung am 10. Juni 1882.

Optische Studien am Granat.

Von

C. Klein.

(Mit drei Tafeln).

I. *Historische Einleitung.*

Unter den Körpern, welche bei regulärer Krystallform optische Wirksamkeit zeigen, nimmt der Granat eine hervorragende Stelle ein. In einzelnen Krystallen von einer Stärke der Doppelbrechung, die der des Boracit fast gleich kommt, sinkt er in anderen bis zur gänzlichen Wirkungslosigkeit herab; aber dieses Verhalten zeigt sich nicht allein, wie man jüngst beobachtet zu haben glaubte¹⁾, nur bei Granaten von verschiedener Zusammensetzung, sondern auch bei solchen ein und derselben Constitution, ja ein und desselben Fundorts, so daß auf Grund

1) Er. Mallard. Explications des phénomènes optiques anomaux etc. Paris 1877. Dunod. p. 53—54. Sep. Abdr. aus Annales des Mines. 7. Série. T. X, 1876.

dieser Wahrnehmungen der Schluß berechtigt erscheint, die hier auftretende Doppelbrechung sei auf secundäre Wirkungen zurückzuführen, da sie sich nicht als eine unabänderlich an die Form gebundene darstellt.

Kann sonach auch nicht, wie in der nachfolgenden Darlegung versucht werden soll zu zeigen, das Krystallsystem des Granat nach den sich in wechselnder Weise darbietenden optischen Erscheinungen bestimmt werden und ist man bei Beurtheilung jener Frage auf die Form als das constanteste Element angewiesen, so fesselt doch das Studium der optischen Erscheinungen in hohem Grade und es ist zu verwundern, daß nicht schon viel früher die eingehende Betrachtung der Forscher sich diesem Gegenstande zugewandt hat. Gehören ja doch in optischer Hinsicht sehr ausgezeichnete Varietäten, wie die zum Kalkeisengranat zu zählenden gemeinen Granaten und der ebenfalls dieser Gruppe zuzurechnende Topazolith¹⁾ durchaus nicht

1) Die erste Nachricht über diesen merkwürdigen Granat gab Bonvoisin in Delamétherie, *Journal de Physique* 1806. B. LXII. p. 409 u. f. nach einem am 1. Aug. 1805 vor der Turiner Academie gehaltenen Vortrag. An ersterem Orte ist auch, p. 428, die Analyse mitgetheilt, die sich bei Phillips *Elem. Introduct. to Mineralogy* 1823 p. 32; 1838 p. 18 reproducirt findet. — In der Weise ihrer Zeit gefertigt, würde diese Analyse wohl einer Wiederholung bedürfen, wenn durch dieselbe die Zugehörigkeit des Topazolith zum Kalkeisengranat allein gewährleistet wäre.

Durch die Untersuchungen Damour's, von denen Dufrénoy, *Minéralogie* 1856 p. 604 berichtet (vergl. auch J. D. Dana *Mineralogy* 1868 p. 269, E. S. Dana *Mineralogy* 1877 p. 282), ist die Stellung des Topazolith im System indessen gesichert und es erledigt sich dadurch der durch die Bemerkung Groth's Tabell. Uebersicht der Mineralien 1882 p. 91 etwa aufkommende Zweifel.

zu den Seltenheiten und sind schon lange bekannt.

Nachdem Häüy den Granat unter den einfach brechenden Körpern aufgeführt hatte¹⁾ und im System denselben ebenso beschrieben²⁾, blieben nur eine Zeit lang Zweifel bezüglich der Stellung des von Werner »Kaneelstein«, von Jameson »Cinnamon-Stone«, von Häüy »Essonite« genannten Kalkthongranats übrig, von dem Häüy das gerade rhombische Prisma als Grundform bei einfacher Lichtbrechung angegeben hatte³⁾.

Diese Zweifel wurden durch Brewster⁴⁾ und Biot⁵⁾ beseitigt, die den Hessonit ebenfalls als regulär erkannten, eine Ansicht, die dann auch in Deutschland von Mohs, der früher in Erkenntniß des in der Häüy'schen Bestimmung vorhandenen Widerspruchs, demselben noch zögernd gefolgt war⁶⁾, angenommen wurde⁷⁾.

Von dieser Zeit an wird der Granat (neben diesem Namen sieht man in der älteren Literatur wohl auch den von Häüy aufgestellten Aplom noch besonders angeführt) durchweg als regulär und einfachbrechend angesehen und auch Brewster, der im Jahre 1815 die Eigenschaft einiger Körper des regulären Systems auf das polarisirte

1) *Traité de Minéralogie* 1801. I, p. 181.

2) *l. c.* II, p. 388 u. f.

3) *Traité de Minéralogie* 1822. II, p. 541 u. f.

4) *Mem. of the Wernerian Natural History Society* 1821 Vol. III, p. 60, 348, 350.

5) Naumann, *Mineralogie* 1828 p. 451. Vergl. auch Dufrénoy, *Minéralogie* 1856 III, p. 600; Delafosse, *Minéralogie* 1858 I, p. 372.

6) Grundriß der Mineralogie 1822. I, p. 572 u. namentlich II, p. 423. Bei K. C. von Leonhard, *Handbuch der Oryktognosie* 1826, findet sich auf p. 486 u. 487 noch die Häüy'sche Darstellung.

7) *Naturgeschichte des Mineralreichs* 1836. I, p. 492, 1839 II, 398 u. f.

Licht einzuwirken entdeckte¹⁾, erwähnt den Granat dabei nicht besonders und führt ihn auch bei ferneren Betrachtungen über die Doppelbrechung regulärer Krystalle nur nebenbei mit an²⁾, ohne seine Eigenschaften in optischer Beziehung näher zu prüfen.

In dem die Forschungen Brewster's übersichtlich darstellenden Werke »Optics« vom Jahre 1835 finden wir ebenfalls den Granat nicht weiter erwähnt, wie auch die hauptsächlichsten Lehr- und Handbücher der Mineralogie bis zum Ende der sechsziger Jahre³⁾ der optischen Erscheinungen des Granat nur selten gedenken⁴⁾.

Ebenso spielt der Granat bei den Betrachtungen und Untersuchungen keine Rolle, die Biot, Neumann, Wertheim, Marbach und v. Reusch in der Zeit von 1841—1867 an Körpern des regulären Systems angestellt haben, in der Absicht deren abnorme Polarisationserscheinungen zu erklären⁵⁾.

Man würde indessen irren, wollte man glauben, daß in jener ganzen Zeit keine optische

1) Transactions of the Royal Soc. of Edinburgh 1818 p. 157 u. f.

2) Philosoph. Transact. 1818 p. 223, 224, 254.

3) 1833—1854 Blum; 1838 Lévy; 1845 Haidinger, 1846—1868 Naumann; 1847 Breithaupt; 1847 Hausmann; 1852 Miller; 1856 Dufrénoy; 1858 Delafosse; 1862 Des-Cloizeaux; 1868 Dana.

4) Quenstedt, Mineralogie 1863 p. 127 erwähnt der von Breithaupt 1860 am Almandin aufgefundenen Winkeldifferenzen, aus denen auf optische Einaxigkeit geschlossen wurde.

5) Vergl. hierüber die historischen Zusammenstellungen bei: Klocke. N. Jahrb. f. Mineral. 1880 I, p. 53 u. f., Autor, Nachr. v. d. k. Gesellsch. d. Wiss. z. Göttingen 1880 p. 93; N. Jahrb. f. Min. 1880 II, p. 209 u. f.; Ben Saude, N. Jahrb. f. Min. 1882 I., p. 41 u. f.

Beobachtungen an Granaten gemacht worden wären.

Schon 1840 theilte Brewster¹⁾ die auf den Flächen von ∞O (110) wahrgenommene Lichtfigurerscheinung mit, die in einem Andreaskreuzartigen Gebilde bestand, wobei die die Arme des Kreuzes halbirende Linie normal war zur längeren Diagonale des Rhombus.

Im Jahre 1853 veröffentlichte derselbe Gelehrte eine hoch interessante Mittheilung: On the crystals and cavities in Garnet²⁾. Aus derselben geht hervor, daß schon Brewster damals den ganzen Aufbau gewisser Granatvarietäten in seinen Präparaten vor sich hatte, der befremdlichen Erscheinungen wegen aber nicht zu deuten vermochte. Er sagt darüber wörtlich Folgendes:

»In the greater number of the crystals of garnet which I have had occasion to examine, I have found many crystals and cavities and much amorphous matter. In one specimen, in particular, the included crystals form a larger mass than the garnet which is merely a cement for holding them together. These crystals have various crystalline forms, while some are amorphous, though regularly crystallised in their interior. All these crystals are doubly refracting and give the colours of polarized light from their small size.

In another specimen, many of the crystals,

1) Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Vol. XIV, 1840 p. 167.

2) On the optical phaenomena and crystallisation of Tourmaline, Titanium and Quartz, within Mica, Amethyst and Topaz. The London, Edinburgh and Dublin Philos. Magaz. Vol. VI, 4. Series. July—December 1853 p. 271 u. 272.

in the form of hexagons and rhombic plates, are opaque, and exhibit by polarized light the remarkable phaenomenon which I had never before seen, of having luminous edges; so that when the rest of the crystal and all the field of view is dark, we observe hexagons and rhombs, and other geometrical figures, depicted in lines of red light. It is not easy to ascertain the cause of this singular appearance, because we cannot see the form of the crystals where the light exists; but I have no doubt that the luminous lines consist of light depolarized by reflexion from the sides of the hexagonal and rhombic plates, because the illuminating pencil is much larger than the crystals, and the crystals much smaller than the pupil of the eye, so that light must be reflected from the prismatic faces of the hexagons and rhombic plates if they have sufficiently broad faces, and that light so reflected must enter the pupil of the eye.

In this specimen and in others there are many spherical cavities, surrounded with sectors of polarized light, and also several amorphous masses of matter round which there is also polarized light, indicating, as all the phaenomena of the crystals do, that the matter of the garnet must have been in a soft stade, and compressed by some force emanating from these cavities.

In another specimen of garnet, a large fissure in its interior is occupied with granular matter, which must have issued either from a burst cavity containing a fluid or a gass, or both; but what is very interesting, and what I have never observed in any other mineral, the matter has in several places formed circular crystals of singular beauty, some being very simple and others very composite.

Wir werden später sehen, daß dieser ausgezeichnete Beobachter mit vorstehender Mittheilung die Erscheinungen, welche z. B. die Kalk-eisengranate von Breitenbrunn und Schwarzenberg in Sachsen, wenn als ∞O (110) krystallisirt, zeigen, treu geschildert hat. Ebenso werden wir in manchen Granaten, besonders Pyropen, die oben erwähnten Hohlräume wiederfinden und in den Grossularen von Wilui die von Brewster zuletzt beschriebene Erscheinung beobachten. —

Auf Grund obiger Beobachtungen ist dann die Schilderung entworfen, die Brewster in *Optics* 1853 p. 282 u. 348—349 von der Structur des Aplom gibt und für unerklärbar durch die Hypothese der Lamellarpolarisation hält (l. c. p. 280). Dabei wird noch die Bemerkung gemacht, daß die Stärke der Doppelbrechung der einzelnen Schichten, aus denen der Granat sich über einem nicht doppeltbrechenden Kern aufbaut, nach außen hin zunimmt, ähnlich wie bei gewissen Chabasitstructures¹⁾.

Nach dieser Mittheilung ist diejenige zu erwähnen, welche Breithaupt im Jahre 1860 bei Gelegenheit der Aufstellung seiner 13 Krystallsysteme macht²⁾.

Es wird darin von Melaniten und Almandinen, die Breithaupt goniometrisch untersuchte und an deren Gestalt 202 (211) er Winkeldifferenzen fand, die für eine quadratische Flächenanlage sprachen, die optische Einaxigkeit behauptet. Ferner finden wir vom hyacinthro-

1) The London etc. Philos. Mag. Vol. IX, 1836 p. 166, 170.

2) Bornemann u. Kerl, Berg- und Hüttenm. Zeitung XIX. Jahrg. p. 93 u. f. — Auszug in N. Jahrb. f. Min. 1860 p. 341 u. f.

then durchsichtigen Granat von Elba, der reich an Manganoxydul ist und aus Granit stammt, angegeben, er sei optisch isotrop, dagegen erwies sich ein aus einem Hessonitkrystall orientirt geschnittener Würfel nach einem Flächenpaar als optisch einaxig.

Im Verlaufe meiner Untersuchungen werde ich zu zeigen haben, daß diese Angaben wesentlicher Berichtigungen bedürfen.

Ebensowenig kann die fernere Angabe Breithaupt's vom Jahre 1864¹⁾ ohne Weiteres angenommen werden, wonach der Grossular von Sibirien nach einer tetragonalen Axe optisch einaxig ist.

Auf Grund der Brewster'schen und der ersten Breithaupt'schen Angabe vom Jahre 1860, — wie es scheint nicht nach eigenen Untersuchungen — hat dann Ditscheiner u. A. in den optischen Verhältnissen des Granat eine Stütze für seine Ansicht der Structur isomorpher Mischungen gesehen²⁾ und ausgesprochen, es dürfe nicht verwundern, »wenn es zweiaxige Turmaline, Granaten u. s. w. gibt.«

Das Jahr 1868 bringt hierauf die Untersuchung Des-Cloizeaux's³⁾ am Grossular und Almandin. Letzterer wird als einfachbrechend beschrieben und von ersterem angegeben, man beobachte im parallel polarisirten Licht eine verwickelte Feldertheilung (*marqueterie*), deren einzelne Componenten aber alle gleichzeitig auslöschen. Auf einigen Feldern war im conver-

1) Poggend. Annalen 1864. 5. Reihe. B. I, p. 328.

2) Sitzber. d. k. k. Akad. der Wissensch. z. Wien. Math.-naturw. Classe. B. XLIII 2. Abth. p. 253.

3) Nouvelles recherches sur les propriétés optiques des cristaux. Mém. présentés par divers savants à l'Académie des sciences. T. XVIII. 1868 p. 518.

genten Licht der Austritt einer Barre zu sehen, von der ausgesagt wird, sie erinnere ungefähr an die Hyperbel einer der Axen einer zweiachsen Substanz.

Im darauf folgenden Jahr schildert Websky¹⁾, neben den krystallographischen und chemischen Eigenschaften, die optischen Verhältnisse des Kalkthongranat von Jordansmühl in Schlesien und bemerkt: »senkrecht auf die Krystallflächen gesehen, entweder keine Depolarisation des Lichts, oder buntfarbige auf Lamellarpolarisation zurückzuführende Contouren.«

Das Jahr 1873, ausgezeichnet durch das Erscheinen der zwei bahnbrechenden Werke von Rosenbusch und Zirkel, bringt auch bezüglich des Granat manches Interessante.

Aus der Reihe desselben sei hier hervorgehoben, daß beide Autoren den als Gemengtheil von Gesteinen auftretenden Granat als einfachbrechend beschreiben, sodann Rosenbusch²⁾ den von Des-Cloizeaux (Man. de Minéralogie 1862 I, p. 269) am Almandin von Ceylon beobachteten Asterismus an den Granaten vom Zillerthal wiederfand, ferner an Melaniten verschiedener Fundorte die zum Theil ausgezeichnete Zonenstruktur deutlich beobachtete. Auch die hellen Kerne der Granaten von Frascati werden erwähnt.

Fernerhin wird das von Des-Cloizeaux erkannte Verhalten des Grossular von Wilui angeführt und mitgetheilt, daß die weißen Kalkthongranaten von Auerbach »unregelmäßig gestaltete Einschlüsse eines klinobasischen Körpers

1) Zeitschr. der deutsch. geol. Gesellschaft. B. XXI. 1869 p. 754.

2) Mikr. Phys. d. petrogr. wicht. Mineralien, 1873. p. 161 u. f. Vergl. auch Rosenbusch's Bemerkungen zum Granat in: Blum, Mineralogie 1874. p. 328.

von rother bis bräunlicher Farbe und sehr schöne Flüssigkeitseinschlüsse mit beweglicher Libelle führen«.

In dem Werke von Zirkel¹⁾ begegnen wir zuerst der Angabe von Oschatz (Zeitschr. d. d. geol. Gesellsch. IV, 1852 p. 14), daß der Almandin Einschlüsse nadelförmiger Krystalle von blaß bräunlicher Farbe zeige, die sich unter nahe 90°, oder nahe 120° und 60° kreuzen.

Ich habe dieselben nicht beobachtet, möchte aber geneigt sein zu glauben, daß dieses Verhalten zu der Structur des Almandin in Beziehung steht und die Regelmäßigkeit der Einlagerung durch erstere bedingt ist.

Von sonstigen hier wichtig werdenden Daten sei noch hervorgehoben, daß auch den Melaniten mit ihrem Schichtenbau und ihren Einschlüssen die Betrachtung sich zuwendet, dabei sich aber ausdrücklich angegeben findet, daß durch die Zonenstructur »keine der Lamellarpolarisation ähnliche optische Erscheinung hervorgebracht wird.«

Die am Granat zu beobachtenden Aetzfiguren wurden 1874 durch H. Baumhauer erforscht²⁾. Derselbe behandelte Granatkrystalle aus Piemont mit schmelzendem Aetzkali und erhielt auf den Flächen von ∞O (110) kleine rhombische Eindrücke, deren Seiten parallel den Kanten des Rhombendodekaëders liefen und am wahrscheinlichsten auf das Ikositetraëder 202 (211) zu beziehen sind.

Auf den Flächen von 202 (211) waren die Aetzeindrücke Trapezoide, die, der Symmetrie

1) Mikrosk. Besch. d. Mineralien u. Gesteine. 1873. p. 196.

2) Sitzungsber. d. math. phys. Klasse der k. b. Akademie d. Wissenschaften zu München 1874. p. 249 u. f.

der Flächen entsprechend, durch ihre längeren Diagonalen (parallel der Combinationskante $\infty O: 2 O 2$ verlaufend) in symmetrische Hälften getheilt wurden. Sie liegen auf der Fläche von $2 O 2 (211)$ so, daß ihre spitzen Winkel dem, drei Iksitetraëderflächen gemeinsamen trigonalen Eckpunkt des betreffenden Oktanten zugewendet erscheinen.

Während in optischer Hinsicht die Frage nach den eigenthümlichen Erscheinungen, die gewisse Granaten darbieten, durch die betreffenden, bis dahin ausgeführten Untersuchungen nicht wesentlich geklärt wurde, gab hierzu eine Arbeit Wichmann's den Anstoß¹⁾.

Zwar werden wir bei einem Vergleiche mit dem, was Brewster 22 Jahre vorher kannte (vergl. pag. 461) sehen, das Wichmann's Mittheilungen im Jahre 1875 nicht alle neu waren und, was in der Entwicklung der Wissenschaft sich so häufig verfolgen läßt, bemerken, daß die Erkenntniß der Wahrheit sich von langer Hand her vorzubereiten pflegt, — aber immerhin bleibt der Wichmann'schen Arbeit das Verdienst, den richtigen Weg der Erkenntniß von neuem betreten und durch die darin enthaltenen Beobachtungen, das, was schon Brewster zum Theil gesehen hatte, der Welt nunmehr in so eindringlicher Weise vor Augen geführt zu haben, daß von nun an die Frage, woher kommen solche Erscheinungen, nicht mehr in den Hintergrundtrat.

Bei der Untersuchung vom sog. »derben Granat« der Fundstätten Berggießhübel und Teufelstein bei Schwarzenberg in Sachsen fand Wichmann besonders dann, wenn die Substanz

1) Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellschaft 1875. B. XXVII. p. 749 u. f. — Poggend. Ann. B. CLVII. 2. p. 282 u. f.

als unregelmäßig begrenzte Körner oder in Form deutlicher Krystalle vorlag, Erscheinungen, die nicht durch Lamellarpolarisation zu erklären waren. So war es auffallend, daß die meist sechseitigen (seltener quadratischen) Durchschnitte zwar einen prächtigen Lamellenaufbau zeigten, indessen, bei Anwendung polarisirten Lichts, niemals der ganze Schliff eine einheitliche Erscheinung darbot, sondern der innere Krystallkern dunkel ward und von den abwechselnd gefärbten, denselben umgebenden Zonen, immer je zwei gegenüberliegende Systeme gleiche Polarisationserscheinungen zeigten.

Eine fernere Beobachtung lehrte, daß auch Fälle vorkommen, in denen der innere Kern selbst doppeltbrechend ist und demselben sich dann der, übrigens weniger entwickelte, schalenförmige Aufbau anschließt und ihn umschließt.

Durch diese Structur mußten zum Theil die Erscheinungen hervorgerufen werden, die schon Brewster sah, aber während dieser Forscher die verschieden gestalteten Theile für fremde Krystalle hielt, erklärt Wichmann ausdrücklich und mit Recht, Kern und Hülle mit Zonenstructur für Granatsubstanz.

Eine volle Erklärung der Erscheinung gelang (wie namentlich in der zweiten Wichmann'schen Abhandlung angeführt wird) nicht, auch wurden die von Des-Cloizeaux am Grossular signalisirten Erscheinungen an demselben Material nicht wieder in gleicher Weise aufgefunden. Für diese letzteren Erscheinungen glaubt indessen Wichmann, gestützt auf Des-Cloizeaux's Schilderung, eine hinreichende Erklärung in der Annahme der Lamellarpolarisation zu finden, während er für die von ihm beobachtenden Erscheinungen diese Erklärungsweise nicht für zulässig erachtet. Nach-

dem er noch ausdrücklich hervorgehoben, daß die beobachtete Doppelbrechung nicht eine Folge von Zersetzungserscheinungen sei, sondern durch diese eher an Deutlichkeit verliere, macht er schließlich noch auf eine an anderem Material (an welchem wird nicht gesagt) gemachte Beobachtung aufmerksam, wonach:

»Granaten Einschlüsse führen, die vom Centrum ausgehend, in die Ecken verlaufen und so einen Krystalldurchschnitt in 6 Felder theilen. Es weist dies entschieden auf einen concentrisch radialen Aufbau der Krystalle hin. Sollten vielleicht bei einer derartigen Krystallbildung gewisse Spannungsverhältnisse obgewaltet haben, die jetzt jene Erscheinungen hervorzurufen im Stande gewesen sind?«

Was die am Schluß der in Pogg. Ann. gedruckten Wichmann'schen Arbeit angeführten Bemerkungen über den sog. Kolophonit anlangen, so möchte zu dessen eventueller sicherer Erkennung und Unterscheidung von Idokras und Pyroxen die chemische Analyse immer wünschenswerth sein, die Erscheinung einer lebhaften Doppelbrechung aber allein nicht genügen, um ihn vom Idokras zu unterscheiden. Jedenfalls bleiben, nach Feststellung der bisweilen recht energischen Doppelbrechung am Granat, noch nähere Untersuchungen rücksichtlich des Kolophonit und angestellt an chemisch geprüftem Material, erwünscht.

Mit Bezug auf Wichmann's Mittheilungen veröffentlichte 1876 A. von Lasaulx seine optischen Beobachtungen am Granat¹⁾.

Im Allgemeinen kann dieser Forscher die Wichmann'schen Mittheilungen, die sich auf

¹⁾ N. Jahrb. für Mineralogie u. s. w. 1876 p. 630 u. f.

Beobachtungen an sächsischen Granaten stützen, bestätigen und findet sie auch an anderen Vorkommen ähnlich wieder.

Hervorgehoben wird ferner, daß der schalige Aufbau der Granaten stets¹⁾ schon im gewöhnlichen Lichte sichtbar ist, bisweilen noch isotrope Masse in denselben vorkommt und »eine gitterartige Verschiedenheit der noch isotropen Theile« sehr deutlich sei. Letzterer Ausdruck ist nicht ganz klar und soll wohl heißen, daß isotrope Substanz gitterartig zwischen anisotroper vertheilt sei, was den Beobachtungen entspricht. — von Lasaulx beschreibt danach die verschieden starke Wirkung der einzelnen, in wechselnder Größe auftretenden Zonen auf das polarisirte Licht, überhaupt das Schwanken der Intensität der Doppelbrechung an den verschiedenen Stellen der Präparate, an denen eigentlich ein gleiches Verhalten zu beobachten sein sollte. — Auch an Granaten vom Oetzthale wurden abnorme Erscheinungen bemerkt.

Sehr auffallend sind dieselben an dem Granatvorkommen von Ehrenfriedersdorf, woselbst, abgesehen von der schon bekannten Zonenstruktur der Hülle, auch der Kern anisotrop ist, isotrope Substanz überhaupt fehlt. Das Auftreten bündel- und faserförmiger Streifensysteme ist zu bemerken und bewirkt mit den concentrischen Streifensystemen Gitterstruktur.

A. von Lasaulx glaubt, die wenig intensiven Erscheinungen der Doppelbrechung, wie sie an den Granaten beobachtet sind, auf Spannungsvorgänge zurückführen zu sollen, die Erscheinungen der soeben geschilderten Gitterstruktur auf Umwandlungsvorgänge, die des mehr oder

1) »Stets« ist zu viel gesagt, besser wäre »meistens.«

weniger regelmäßigen Wechsels von optisch wirkenden und nicht wirkenden Zonen auf Verwachsungserscheinungen. Auch wird es nicht für unmöglich gehalten, daß dem Granat eine doppeltbrechende Substanz regelmäßig eingewachsen sei, bei der etwa an Vesuvian gedacht werden könne.

Was den von Wichmann untersuchten Kolophonit, speciell den von Arendal, anlangt, so soll derselbe ein Gemenge von Vesuvian und Granat und nicht ohne Weiteres zu ersterem Mineral zu stellen sein.

In wie weit die über den eigentlichen Granat hier mitgetheilten Ansichten A. von Lasaulx's nach meinen Untersuchungen bestehen bleiben, wird sich am Schlusse dieser Arbeit ergeben. Zu einem genauen Vergleich wäre es wünschenswerth gewesen aus der Arbeit die Form der untersuchten Granaten und ihre Flächenbeschaffenheit haben ersehen zu können, welche Momente, wie sich später zeigen wird, von größter Bedeutung sind, wenn es sich um die Beurtheilung abnormer Doppelbrechungserscheinungen bei dem Granat handelt.

In dem Jahrgang 1875 der Mineral. und petrogr. Mitth. von Tschermak, also eigentlich früher als von Lasaulx, vielleicht aber damit, in Folge späteren Erscheinens der betreffenden Mittheilung, ziemlich gleichzeitig und jedenfalls gänzlich unabhängig davon, macht Hirschwald in seiner Arbeit: »Zur Kritik des Leucitsystems« interessante Bemerkungen über optische Verhältnisse des Granat.

Zunächst wird die Streifung der 202 (211) Flächen hervorgehoben, durch dieselbe die Lage der einzelnen, den Krystall aufbauenden Lamellen erkannt und daraus der dodeka-

ëdrische Aufbau gefolgt, der dann durch optische Beobachtungen am Granat der Mussa-Alp nachzuweisen gesucht wird. Bei diesen Beobachtungen kommen Gypsblättchen, die empfindliche Töne liefern, zur Verwendung ¹⁾.

Was das Zustandekommen der Polarisationswirkungen anlangt, so wird die v. Reusch'sche Erklärung nicht angenommen, da diese eine Spannung voraussetzt, welche nach Hirschwald sich wirksam zeigen müßte, wenn die Partien zertrümmert werden. — Daß dieser Einwand von Hirschwald nicht stichhaltig ist, hat Klocke inzwischen nachgewiesen ²⁾, und werde ich auch nochmals später darauf zurückkommen.

Nach Hirschwald's Ansicht »wird man nicht anstehen dürfen die Polarisationswirkung regulärer Medien auf Rechnung ihrer anormalen Dichtigkeitsverhältnisse zu setzen« (l. c. p. 241 und 242) — ein Ausspruch, den wir ähnlich auch bei von Lasaulx (l. c. p. 631) finden: »Die intensivere Färbung der polarisirenden Stellen deutet vielleicht eine mit dieser größeren Spannung zusammenhängende größere Concentration und Dichtigkeit an«.

Sonach war, wenn auch nicht im Detail nachgewiesen, so doch im Allgemeinen eine Anschauung gebildet, die geeignet war die Erscheinungen des anomalen Verhaltens der regulären Körper, speciell des Granat, zu erklären. Jedenfalls sah man die optischen Erscheinungen derselben als etwas an, was nicht bei der Feststellung des Krystallsystems in erster Linie in Frage zu kommen hatte.

1) Vergl. hierüber Brewster Optics 1853 p. 280 u. Edinb. Transactions 1816, sowie Journal de Physique 1816. Vol. 83. p. 81.

2) N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1880 I, p. 85 u. 86.

Diesem Standpunkt gegenüber mußte die Mallard'sche Arbeit vom Jahre 1876 (vergl. pag. 457) natürlich sehr aufregend wirken. Die äußere Form war hier Nebensache, der entscheidende Werth wurde auf die optischen Erscheinungen gelegt. Unsere sicher gestellten Grundsätze in der Wissenschaft schienen zu wanken, wo früher alles klar war, herrschte jetzt die größte Unsicherheit.

Aber grade dieser Umstand forderte zur eingehenden Prüfung auf und heute weiß man, nachdem die hochgehenden Fluthen der Erregung verlaufen sind, den Werth dieser optischen Erscheinungen zu würdigen und erkennt wieder das sichere Ziel, nach dem die Wissenschaft zu steuern hat, klar vor Augen.

Nichtsdestoweniger bleibt Mallard das Verdienst durch seine, was die Beobachtungen anlangt, musterhaften Untersuchungen uns erst in die Lage gesetzt zu haben, diese Erkenntniß zu gewinnen und dabei die vollen Vortheile der Methode der Untersuchung im krystallographisch orientirten Dünnschliff glänzend hervorgehoben zu haben.

Zum Gegenstand selbst übergehend, schildert Mallard zunächst die Verhältnisse des Topazolith von der Mussa-Alp.

Die Krystalle dieses Minerals bestehen aus ∞O (110), welche nach den Diagonalen geknickt erscheinen, sonach eigentlich einen Achtundvierzigflächner darstellen, dessen Zeichen früher schon als $64O^{64/63}$ (64. 63. 1) angegeben ward¹⁾.

Mallard untersuchte Schnitte $\neq \infty O$ (110)

1) Naumann, Pogg. Annalen B. 16 p. 486. Vergl. auch M. Bauer. Zeitschr. d. deutsch. geol. Gesellsch. 1874 p. 135.

und fand einen Rhombus, der, bei der Prüfung im polarisirten Lichte, nach den Diagonalen viergetheilt war. Derselbe war umgeben von einem Rande, welcher in seiner Größe um so mehr zunahm, je mehr der Schliff nach der Krystallmitte zu genommen war. Von den vier Sektoren des inneren Rhombus löschen je zwei gegenüberliegende zusammen aus, und bildet eine von der Rhombenseite nach innen zu gerichtete Auslöschungsrichtung mit ersterer einen Winkel von 8° . In Schliffen $\neq \infty 0 \infty$ (100) war eine Achttheilung nach den Diagonalen und senkrecht zur Mitte der Seiten des durch den Schnitt entstehenden Quadrats zu erkennen; es löschen die vier in der geraden und ungeraden Reihenfolge der Zahlen vorhandenen Sektoren mit einander aus und die Auslöschung eines derselben gegen eine Diagonale der Würfelfläche beträgt $22\frac{1}{2}^\circ$. Diese Verhältnisse wurden nur bei den einheitlich auslöschenden Sektoren beobachtet. Vielfach ist dieses nicht der Fall, auch sind die Grenzen öfters mehr in einander übergehend und verschwommen gebildet.

Im convergenten polarisirten Lichte konnten die Krystalle wegen ihrer Kleinheit nicht untersucht werden. Mallard fand aber an den ähnlich gebildeten Krystallen des gemeinen Granat von Sachsen, daß in dessen Würfelschliffen in jedem Sector eine Barre, von einer der optischen Axen herrührend, nahezu senkrecht zur Platten-normale austritt und schließt aus dieser Beobachtung und den früheren rücksichtlich der Feldertheilung auf ein triklines System der 48 den Krystall zusammensetzenden Einzelindividuen.

Beim Studium des gemeinen Granat von Sachsen zeigte sich zunächst, außer der bekannten Streifung nach der kurzen Diagonale des

∞O (110) auch eine feine Streifung nach der längeren und dem entsprechend, was sehr wichtig ist zu bemerken, im Allgemeinen ähnliche, wenn auch zum Theil nicht so distinct ausgesprochene optische Verhältnisse¹⁾ wie beim Topazolith. Namentlich lassen sich jene Streifenverhältnisse schon an den Kernen der Krystalle erkennen, die bisweilen leicht von der durch einen Schlag oder Stoß abspringenden Hülle befreit werden können. Auf die öfters complicirten Verhältnisse der Hülle wird nicht näher eingegangen und nur durch einige Zeichnungen das Wichtigste erläutert. Danach läßt sich die Zonenstructur derselben u. A. schön erkennen.

Einige andere, ähnliche Vorkommen, wie das von Zermatt, werden kurz berührt, dabei aber der wichtige Satz ausgesprochen:

»Je me contenterai de dire que l'on peut toujours, par les accidents de la surface, juger du mode de mélange que l'observation optique permet de constater«.

In diesem Satze ist Alles enthalten, was die Beobachtungen am Granat lehren; von demselben aus nun zu schließen, daß also auch die optischen Erscheinungen von den geometrischen abhängen, lag nahe, — aber Mallard hat natürlich in seiner total verschiedenen Auffassung der Verhältnisse diesen Schluß nicht gezogen.

Es reiht sich nun der Uwarowit an, dessen Aufbau, nach Mallard, dem der Boracitdodekaëder entsprechend ist. Die Flächen von ∞O (110)

1) »Une lame d'aplaton perpendiculaire à un axe quaternaire, montre, comme on doit s'y attendre, les huit secteurs de la topazolite presque réduits à quatre, séparés par les diagonales et s'éteignant en même temps suivant un des côtés du carré. — Sep. Abz. p. 51.

sind in Folge dessen fast eben, was auch Mallard hervorhebt.

Die Granaten der Mussa-Alp zeigen wenig Wirkung, nähern sich aber bisweilen in ihrer optischen Structur dem Aplom von Sachsen. Gar keine optischen Erscheinungen wiesen auf die Almandine [202 (211)] von Tyrol und die Melanite von Arendal.

Zur Erklärung der Erscheinungen, wie sie hier in gedrängter Uebersicht vorgeführt wurden, wird eine Trimorphie der Granatsubstanz angenommen, die triklin im Topazolith, rhombisch im Uwarowit und regulär in den Tyroler Krystallen erscheint. Eigentlich gibt es aber nur eine Orientirung, die triklone, und durch ein submikroskopisches Zwillingsgemisch resultirt aus derselben schon im Aplom eine Annäherung an das reguläre Verhalten, im Uwarowit das rhombische und schließlich sind im Granat von Tyrol alle Gegensätze ausgeglichen und das Ganze erscheint isotrop.

Dieser Auffassung Mallard's vermag ich mich natürlich nicht anzuschließen. Ich werde im Verlaufe meiner Untersuchung zeigen, daß man nicht zu so künstlichen, den Boden der experimentellen Prüfung verlassenden Annahmen zu schreiten braucht, um die Erscheinungen zu erklären, die sich mit Hülfe des Experiments sondern sogar künstlich nachbilden lassen.

Der Ansicht indessen, die den Kalkgranaten energische Doppelbrechung als eine ganz allgemeine Eigenschaft im Gegensatz zu den Magnesiagranaten zuschreibt¹⁾, möchte ich schon hier mit dem Bemerken entgegen treten, daß nicht

1) Tschermak. Isom. d. rhomb. Carbonate u. des Natriumsalpers. Min. u. petrogr. Mitth. 1881. IV. p. 100.

nur, wie schon Mallard¹⁾ hervorhebt, der Kalkthongranat der Mussa-Alp sehr wenig optisch wirksam ist, sondern manch' andere, wie der gelbe Kalkthongranat vom Vesuv, der bräunlichrothe Kalkthongranat von Auerbach ähnlich sich verhalten, zum Theil absolut isophan sind und bei dem weißen Kalkthongranat von Jordansmühl sich Individuen finden, deren Doppelbrechung gleich Null ist, während andere höchst energisch auf das polarisirte Licht wirken²⁾. Die Erscheinung der Doppelbrechung hängt daher nicht ausschließlich von der Constitution ab; es gibt Kalkthongranaten ohne Doppelbrechung und danach ist der aufgestellte durchgreifende Unterschied von der Unähnlichkeit der Kalk- und Magnesiumverbindungen in den Silicaten nicht mit dem Beispiel der Granaten zu stützen. —

Bei Gelegenheit der Beschreibung von Granaten mit anomalen Flächen durch G. vom Rath³⁾ theilt derselbe 1878 die Resultate optischer Prüfungen durch Des-Cloizeaux und von Aetzversuchen durch Baumhauer mit.

Nach Des-Cloizeaux wirken die betreffenden, von Pfitsch in Tirol stammenden Granaten, wenig auf das polarisirte Licht. Eine kleine Platte, die untersucht wurde, wird durchsetzt von zwei Systemen sehr schmaler durchsichtiger Lamellen, welche eine deutliche Auslöschung in einer Stellung zeigen, die mit ihrer Längsrichtung einen Winkel von 5—7° macht. Ferneren Mitthei-

1) l. c. p. 52. Sep. Abzug.

2) Die erste Mittheilung hierüber gab schon Websky l. c. p. 754. Näheres wolle man in der Folge dieser Arbeit nachsehen.

3) Mineral. Mitth. N. F. Zeitschr. f. Kryst. B. II. 1878 p. 186. B. III. 1879 p. 115.

lungen ist zu entnehmen, daß von zwei Platten, die eine einfachbrechend war, die andere, $\neq \infty O$ (110) gefertigt, aber von Lamellen sich durchsetzt erwies, die regelmäßig angeordnet sind und unter einem Winkel von 30° gegen die kurze Diagonale des Rhombus auslöschten. Auch macht sich in dieser Platte eine Neigung zur Viertheilung bemerkbar, ähnlich, aber lange nicht so regelmäßig und deutlich, wie beim Topazolith. Diese Erscheinung steht nach Descloizeaux's Ansicht nicht in Beziehung zu den anomalen Flächen der Pfitscher Krystalle; sie findet sich bei einer großen Zahl von Granaten wieder.

Baumhauer ätzte Platten mit wässriger Flußsäure und hält für wahrscheinlich, daß man es mit Abnormitäten und nicht mit Zwillingbildungen zu thun habe. Die ungewöhnlichen Flächen sowohl, wie die auf denselben vorkommenden Streifen hält er für verwandte oder gar wesentlich identische Wirkungen einer gestörten Krystallisation — eine Meinung, der ich nach Besichtigung eines Exemplar's, das ich der Güte des Herrn Seligmann in Coblenz danke, nur beipflichten kann.

Im Jahre 1879 bringt die *Minéralogie Micrographique* von Fouqué und Michel-Lévy auch die Besprechung des gesteinsbildenden Granat, dessen einfache Lichtbrechung direct ausgesprochen wird. (p. 400).

Die Untersuchungen von Jeremjew vom Jahre 1880, angestellt am Granat von Wilui¹⁾ werden durch Arzruni in der *Zeitschr. f. Kryst.* 1881. V, p. 589 mitfolgenden Worten mitgetheilt:

»Die Erscheinung des dunkelen Kreuzes bei

1) Verh. k. russ. min. Gesellsch. 2. 16. Sitzungsprotokolle d. Jahres 1880. 299.

Betrachtung von Schliffen des Grossulars vom Fluß Wiluj nach (100) im parallel polarisirten Lichte führt Verf. zurück auf die deutliche schalige Zusammensetzung der Krystalle, welche sowohl nach (100), wie nach (110) und (211) stattfindet. Dieselbe ist von A. W. Gadolin auch beim Melanit von Pitkaranda beobachtet worden. Platten, die parallel der Fläche (111) geschliffen wurden, zeigten drei unter 120° zusammenstoßende dunkle Büschel. *

Mallard's Beobachtungen an den Granaten wurden dann 1881 durch Bertrand ergänzt und erweitert¹⁾. Mit Hülfe seines als Axenapparats zu verwendenden vorzüglichen Mikroskops studirte er zuerst den Uwarowit und den Kalkthongranat von Jordansmühl im convergenten polarisirten Lichte.

Er fand in einer Platte $\neq \infty O$ (110) Axenaustritt, Ebene der optischen Axen parallel der längeren Diagonale des Rhombus, erste, negative Mittellinie senkrecht zur Dodekaëderfläche, Axenwinkel nahe an 90° .

In Platten $\neq \infty O \infty$ (100) und O (111) waren die Erscheinungen der Hauptsache nach entsprechend wie in dodekaëdrischen Boracitkrystallen. Der Aplom zeigte sich optisch aus 48 triklinen Einzelindividuen zusammengesetzt, die ihre Spitze im Centrum haben und von denen je 4 ihre Basis in einer Dodekaëderfläche besitzen. Die Ebene der optischen Axen liegt in einem jeden dieser optischen Einzelindividuen annähernd parallel der längeren Diagonale des Rhombus und die Mittellinie steht nur noch ungefähr senkrecht auf der Fläche von ∞O (110). Axenwinkel nahe an 90° .

1) Bulletin de la Soc. Min. de France 1881. T. IV. p. 12—15.

Der Topazolith endlich zeigt den ausgesprochenen triklinen Charakter im optischen Sinne. Platten nach ∞O (110) lassen die schon von Mallard erwähnte Viertheilung erkennen und in jedem Felde ist zu beobachten, daß die Ebene der optischen Axen nicht parallel der längeren Diagonale des Rhombus ist und die Mittellinie schief zur Flächennormale steht. In Folge dessen sieht man vier excentrische Curvensysteme auf der Fläche von ∞O (110) erscheinen.

Platten $\neq \infty O \infty$ (100) zeigen Achttheilung und in jedem Felde tritt eine excentrische Barre aus. Dasselbe beobachtet man auf Platten $\neq O$ (111), die eine Sechstheilung darbieten.

Bertrand schließt seine Mittheilungen mit einem Hinweis auf die an gewissen Granaten nach den in den Mittelpunkt des Krystalls gerückten Ebenen von ∞O (110) und $\infty O \infty$ (100) beobachteten Trennungsflächen, die er und Mallard zu Gunsten ihrer Anschauung in Anspruch nehmen.

Ich habe 1882 mich gegen diese Auffassung ausgesprochen¹⁾ und gedenke meinen Standpunkt am Schlusse dieser Abhandlung zu begründen. Mit Mallard bin ich einverstanden, wenn er sagt²⁾:

»La véritable difficulté se présente lorsqu'il s'agit d'expliquer qu'une même substance comme l'alun ou le grenat peut se montrer, suivant les échantillons, anorthique, rhombique ou cubique.«

Ich füge hinzu, daß auch Granaten vorkommen, die im optischen Sinne sich als einaxig erweisen, ja daß in ein und demselben Krystalle optisch zweiaxig-trikline, rhombische und nahezu isophane Partien vorkommen, — alles Mo-

1) N. Jahrb. f. Mineralogie u.s.w. 1882. B. I, p. 180. Ref.

2) Bulletin de la Soc. Min. de France 1881 IV, p. 16.

mente, geeignet die Schwierigkeiten noch erheblich zu steigern. Aber ich werde, nachdem ich die Resultate meiner Untersuchungen erst klar gelegt habe, versuchen zu der Erklärung aller dieser Abnormitäten beizutragen und dabei nur Gebrauch machen von einfachen mechanischen Vorstellungen, geeignet von Jedermann ohne weitere Hypothesen eingesehen zu werden und den ferneren Vortheil darbietend, daß durch das Experiment eine Prüfung derselben z. Th. stattfinden kann. —

Zum Schluß dieser Einleitung seien dann noch die Ansichten über optische Anomalien wiedergegeben und besprochen, die Arzruni und Koch¹⁾ aufgestellt haben und dessen gedacht, was kürzlich Bertrand²⁾ zu Gunsten der von Mallard und ihm vertretenen Anschauung mitgetheilt hat.

In ihrer Untersuchung über den Analcim kommen Arzruni und Koch in richtiger Erkenntniß, daß mit der Annahme minder symmetrischer Einzelindividuen und hochgradiger Zwillingsbildung derselben eine Erklärung des eigenthümlichen Verhaltens vieler regulärer Körper nicht gewonnen, sondern die Frage nur verschoben sei, zu dem Resultat, daß in den Richtungen der 3 Arten von Symmetrieaxen des regulären Systems die Hauptanziehungen der Körpertheilchen nach einem ideellen Centrum hin verschieden wirken und dadurch jene Structuren erzeugt werden, die uns als optische Abnormitäten entgegengetreten.

1) Ueber den Analcim. Zeitschr. für Kryst. u. Mineral. V, 1881. p. 483 u. f.

2) Bulletin de la Soc. Min. de France 1882. V, 1. p. 3—7.

In der Hauptsache ganz auf dem Standpunkt der Genannten stehend, habe ich doch in einem Referat dieser Arbeit¹⁾ auf etwelche Umstände aufmerksam machen zu müssen geglaubt, die mit diesen Vorstellungen²⁾ nicht im Einklang stehen und wird auch das Studium des Granat lehren, daß erst an diesem vielgestaltigen Mineral eine Einsicht in das Wesen der Sache gewonnen werden kann. —

Wie schon erwähnt, haben wir schließlich noch die Mittheilung von Bertrand zu betrachten, deren Titel lautet:

»Sur les différences entre les propriétés optiques des corps cristallisés biréfringents, et celles que peuvent présenter les corps monoréfringents après qu'ils ont été modifiés par des retraits, compressions, dilatations ou toute autre cause.«

Es könnte nach diesem Titel wohl müßig erscheinen noch etwas über optische Anomalien zu sagen. Auch die nachfolgenden Worte, die im Eingang besagter Arbeit stehen, lassen Außerordentliches erwarten:

»Mais il est toujours facile de distinguer un véritable cristal d'une substance monoréfringente modifiée.

Le but de cette note est de rappeler quelles

1) N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1882. B. I. p. 24—25 der Referate.

2) Wie ich inzwischen fand, hatte Brewster (Edinb. Transactions 1818. Vol. 8. p. 163) schon 1816 eine ähnliche Anschauung, die sich aber später als nicht in ihrem ganzen Umfang haltbar herausstellte. Er sagt daselbst: »In cubical and octahedral crystals, on the contrary (d.h. im Gegensatz zu den Erscheinungen im rasch gekühlten Glase) the polarising axes are related to the axes of the crystals themselves, and have no connection whatever with the shape or outline of the mineral.«

sont ces différences, bien connues d'ailleurs, mais sur lesquelles je désire attirer de nouveau l'attention.«

Aber damit hat auch die Sache ihren Höhepunkt erreicht, und das, was nachkommt, entspricht, wie in der Folge zu zeigen versucht werden soll, nicht dem, was man nach den Worten des Eingangs erwarten sollte.

Beginnen wir mit dem »procédé très simple pour distinguer, sans hésitation possible, un corps véritablement cristallisé d'un corps amorphe ou monoréfringent, modifié d'une façon quelconque.«

Wende ich die Angaben von Bertrand auf den Boracit an, so entspricht derselbe in ausgesuchten Krystallen den Anforderungen, namentlich, was scharfe Zwillingsgrenzen u. s. w. anlangt, vollkommen. Erwärme ich aber, so verschwindet unter Umständen das ganze Zwillingsgebilde, nur ein einfacher Krystall bleibt zurück, erwärme ich nochmals, so kehrt vielleicht ein Zwillingsstück wieder, ebenfalls mit scharfen Grenzen, aber nicht nothwendig an derselben, sondern dies Mal an einer ganz andern Stelle u. s. w. — Ist man also nach dem ersten Befund berechtigt sofort auf das zu schließen, was sich optisch zeigt?

Ich glaube nicht — und auch Bertrand ist seiner Sache nicht ganz sicher, denn: »comme il peut rester quelque doute pour les cas exceptionnels que j'ai indiqués, je n'insisterai pas d'avantage sur les phénomènes que l'on observe en lumière polarisée parallèle et j'indiquerai immédiatement de qu'elle façon on peut résoudre la question d'une manière absolument certaine.«

Nun wird angeführt, daß ein doppeltbrechender Krystall passend geschnitten, die bekannten Interferenzbilder gibt. Die modificirte Substanz

soll dieselben entweder nicht oder nur unvollkommen zeigen, was namentlich beim Drehen der Platte hervortreten soll.

Ich denke Bertrand wird, ebenso wenig als ich, ein Gelatinepräparat für einen Krystall halten, aber an ersterem sind die Erscheinungen der Axen, der dieselben umgebenden Lemniscaten u. s. w. in der normalen und in der diagonalen Stellung der Platte in einer Deutlichkeit zu sehen, die keinen Zweifel zuläßt, daß das hier Vorliegende von manchen ächten Krystallplatten nicht vollkommener erzeugt werden könnte, ein Verhalten, wovon ich mich und viele Andere mit mir an Dutzenden von Präparaten überzeugt habe.

Dabei haben diese und ähnliche Erscheinungen nicht den Vorzug, völlig neu zu sein, sondern sind: »bien connues d'ailleurs«, denn schon Brewster sagt in *Optics* 1835 p. 242 bei Beschreibung seiner Versuche von 1815¹⁾: »When isinglass is dried in a glass trough of a circular form it exhibits a system of tints with the black cross exactly like negative crystals with one axis.« u. s. w. Vergl. auch ebendasselbst p. 241.

Ferner kannten W. Steeg²⁾ 1860, Bertin³⁾ 1878 die Erscheinungen, und kürzlich wurde die Sache gleichzeitig von F. Klocke und A. Ben Saude wieder aufgenommen und in ihrer ganzen Bedeutung für die Theorie der anomalen Doppelbrechung gewürdigt⁴⁾, nachdem ich bereits zur Erklärung der optischen Erscheinungen im Boracit von dem Brewster'schen Grundversuche Gebrauch gemacht hatte.⁵⁾

1) Vergl. übrigens auch: Brewster. *Philos. Transactions* 1815. p. 60—64; ibidem. 1816 p. 172—178.

2) *Pogg. Ann.* B. CXI. 1860 p. 511—512.

3) *Annales de Chimie et Phys.* XV. p. 129.

4) Klocke *N. Jahrb. f. Min.* u. s. w. 1881. II, p. 261 u. f.; Ben Saude ibidem 1882. I, p. 72 u. f.

5) *Nachr. v. d. k. Gesellsch. d. W. z. Göttingen*

Bertrand kommt danach zu dem »procédé infailible pour discerner un véritable cristal d'un corps modifié«, bestehend in dem Zerbrecchen des Präparats, das dann, wenn seine Eigenschaften durch Spannung zu Stande gekommen sind, in den Bruchstücken sich anders verhalten soll, als vorher. Bertrand hatte dabei offenbar gekühltes Glas vor Augen und damit Recht, aber eine fernere Umschau hätte ihn belehren müssen, daß schon Brewster bei der Nachahmung der Structur des Analcim¹⁾ durch Hausenblase (Isinglass) Gegentheiliges aussagt und auch jüngst noch Klocke sich ausdrücklich dahin ausspricht²⁾, daß Gelatine, wenn erhärtet, keine Veränderung ihrer Structur beim Zerbrecchen erleidet, sondern sich in dieser Hinsicht wie ein wahrer Krystall verhält, — eine Aussage, von deren Richtigkeit ich mich wiederholt überzeugt habe.

Neu dürfte aber die Thatsache sein und des Erwähnens werth, daß gewisse gegen Wärme sehr empfindliche Boracite schon durch den Proceß des Schleifens und den der Behandlung beim Aufkitten hierzu, alterirt werden, so daß man, um die ursprüngliche Structur zu erhalten, sehr vorsichtig verfahren muß. — Andere Krystalle von Boracit (Segeberg) sind ja sogar so spröde, daß sie wie gekühltes Glas springen³⁾, wenn man sie schleifen will.

Es zerfällt also auch dieses wichtigste Beweisstück in sich und es tritt unverkennbar

1880 p. 129 u. 130. N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1880. II, p. 245.

1) Transactions of the Royal Society of Edinburgh. Vol. X. 1824. p. 193.

2) N. Jahrb. f. Min. 1880 I, p. 85 u. 86; 1881. II, p. 263.

3) Vergl. N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1880 B. II, p. 242.

zu Tage, daß man mit diesem unfehlbaren Verfahren nichts ausrichten kann.

Schwierig ist es freilich zu erklären, woher es kommt, daß verschiedenen Formen, die sich unter denselben Umständen bildeten, verschiedene optische Structures zukommen, und ich muß in Bezug hierauf auf meine Arbeit verweisen, in der ich einiges dahin Zielende angedeutet habe. Wie es aber zu deuten ist, daß schon die sog. Einzelindividuen der Auffassung von Mallard und Bertrand verzwillingt sind, was übrigens, nebenbei bemerkt, nicht für den Charakter als Einzelindividuen spricht, — das kann man schon jetzt wohl durch Beachtung der Vorgänge einsehen, welche die Wärme auf den Boracit z. B. ausübt.

Es bleibt von der Bertrand'schen Mittheilung dann noch übrig, das Verhalten der krystallinisch-körnigen Granatmasse von Jordansmühl, auf der die nahezu rundum ausgebildeten Krystalle aufsitzen, zu besprechen. Bertrand leitet aus der ausgezeichneten optischen Wirkung der Individuen dieser Masse, Beweise gegen die Abhängigkeit der Polarisationswirkung von der äußeren Form ab, da dieselbe hier nicht mehr vorhanden ist. — Offenbar war dieselbe aber zur Zeit, als die kleinen Krystalle sich ausschieden, vorhanden und wurde erst später durch rasches Auskrystallisiren und Aneinanderdrängen der einzelnen Theile verhüllt. Es ist somit auch dieser Einwand hinfällig, wie denn die ganze Mittheilung in all' ihren Behauptungen auch nicht das Geringste beweist und man darin vergeblich nachirgend einer factischen Widerlegung der

Ansichten derer sucht, die Bertrand bekämpfen will. —

Gehen wir danach zu dem optischen Studium der einzelnen Granatvarietäten über, um durch dasselbe einen gesicherten Boden der Thatsachen, auf dem wir weiter bauen können, zu gewinnen.

II. *Optische Untersuchungen.*

A. Beobachtungsmaterial und Beobachtungsmethode.

Das Material zu den nachfolgenden Untersuchungen habe ich zum größten Theile den Sammlungen der hiesigen Universität entnommen; ich kann aber auch an dieser Stelle nicht unterlassen den Herren, die mich außerdem mit Material freundlichst unterstützten, meinen herzlichsten Dank nochmals auszusprechen, so den H. H. Geh. Rath Römer in Breslau, Prof. Websky in Berlin, Prof. Rosenbusch in Heidelberg, sowie den Herren G. Seligmann in Coblenz und W. Harres in Darmstadt.

Es kamen von den untersuchten Granaten fast immer nur vollständig krystallisirte und wohlausgebildete Exemplare zur Verwendung, besondere Rücksicht wurde auch auf möglichst reine und einschlußfreie Krystalle genommen.

Nach der Zusammensetzung untersuchte ich:

a. Von Kalkthongranaten die Vorkommen von:

Auerbach (weiß, ∞O (110)).

Jordansmühl (ebenso).

Elba (gelblich, O (111) mit untergeordneten ∞O (110) u. $2 O 2$ (211)).

Wilui (grün, $2 O 2$ (211) und ∞O (110), auch Combinationen beider).

Mussa-Alp (braunroth, Gestalten wie bei Wilui).

Valle di Lanzo (lichtbraunroth, vorwaltend 2 O 2 (211)).

Six Madun Baduz (gelblich braun ∞ O (110) mit 2 O 2 (211) und $3 O^{3/2}$ (321)).

Cziklowa (braun und gelb, erstere ∞ O (110) mit $4 O^{4/3}$ (431), letztere fast nur ∞ O (110)).

Vesuv (gelb, ∞ O (110) mit 2 O 2 (211)).

Vesuv und Auerbach (röthlich-braun ∞ O (110) mit 2 O 2 (211)).

b. Von Kalkeisengranaten prüfte ich die Vorkommen von:

Sala, Schweden (gelbbraun, 2 O 2 (211)).

Breitenbrunn und Schwarzenberg, Sachsen (grün, 2 O 2 (211)).

Achmatowsk, Ural (rothbraun, 2 O 2 (211)).

Alathal (Topazolith, weingelb).

San Marco, Peru (grün, ∞ O (110)).

Breitenbrunn (braun, ∞ O (110)).

Breitenbrunn (grün, ∞ O (110)).

Schwarzenberg, Sachsen (braun, ∞ O (110)).

Frascati (schwarz, ∞ O (110), 2 O 2 (211))¹).

c. Von Kalkchrom- und Kalkchromthongranaten wurden untersucht die Vorkommen von:

Bissersk, Ural, Uwarowit (∞ O (110)).

Orford, Canada (grün, ∞ O (110)).

d. Von Manganthongranaten stand mir nichts Vorzügliches zur Verfügung, die Untersuchung beschränkte sich hier auf den Manganeisenthongranat von Elba, der in der Gestalt 2 O 2 (211) krystallisirt.

e. Von Eisenthongranaten kamen zur Untersuchung die Vorkommen von:

1) Letztere waren zu undurchsichtig und sind daher im Folgenden nicht weiter berücksichtigt.

Tyrol (braun, ∞ O (110)).

Orient (granatroth, 202 (211)).

Brasilien (weingelb, 202 (211)).

f. Von Magnesiathongranaten wurden die in Körnern vorkommenden böhmischen Pyropen geprüft.

— Wie bekannt entsprechen die Granaten in Form und Flächenanlage den Symmetrieverhältnissen des regulären Systems; genauen Winkelmessungen sind indessen nur wenige zugänglich, der vielfachen Störungen im Krystallbau wegen, von denen die oftmals sehr verwickelten optischen Verhältnisse uns Kunde geben.

Zu Ermittlung dieser letzteren wurde ein eingehendes Studium an 330 orientirten Dünnschliffen unternommen ¹⁾, und es ist diese verhältnißmäßig große Zahl von Schliffen für den obengenannten Zweck eher noch zu klein, als genügend zu nennen. Aus diesem Grunde konnte auch vorerst auf ein näheres Studium der Aetzerscheinungen nicht eingegangen werden, da, wie gesagt, genügendes Material hierzu, außer den erwähnten Präparaten, nicht zu beschaffen war.

Zu der optischen Untersuchung diente das zu mineralogischen Zwecken eingerichtete Mikroskop nach Rosenbusch von Fuess gefertigt. ²⁾

Um dasselbe so gut als möglich einem der neueren Bertrand'schen Instrumente ³⁾ ähnlich

1) Dieselben sind größtentheils von dem bekannten Künstler H. Voigt dahier gefertigt, dem ich nicht unterlasse dafür bestens zu danken. Einige der Schliffe hat mein Freund, Prof. E. Cohen in Straßburg, in der V. Lieferung seiner vortrefflichen Mikrophotographien auf Tafel XXXIV zur Darstellung gebracht.

2) N. Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1876 p. 504 u. f.

3) Bulletin de la Soc. Min. de France III. 1880,

zu gestalten, wurde darauf Bedacht genommen, den unteren Nicol mit der Condensorlinse drehen und in jeder beliebigen Stellung orientirt heben und senken zu können. Außer einer zweiten Condensorlinse, die schon vom Verfertiger dem Instrumente beigegeben war, wandte ich öfters mit Vortheil ein Hartnack'sches System 7, umgekehrt auf das untere Nicol gesetzt, zur Erzeugung stark convergenten Lichts bei der Beobachtung des Axenaustritts an.

Da schwache Vergrößerung sich häufig zum Uebersehen einer Gesammterscheinung als nothwendig herausstellte, das Hartnack'sche System Nr. 1 aber wegen zu großen Focalabstandes sich an dem in Rede stehenden Mikroskop nicht anwenden läßt, so construirte mir Herr Optiker Winkel ein System, das schwache Vergrößerung liefert und dessen Linsen zum Theil in den Tubus hineinragen. — Zur Beobachtung des Axenaustritts wurde dann auf einem Schlitten, ähnlich dem, der die Quarzplatte trägt und für die schärferen Systeme in ihrer Wirkung berechnet, eine Linse über das Objectiv eingeschoben und damit der Axenaustritt beobachtet.

Das in dieser Weise verbesserte Instrument leistet natürlich nicht das, was ein solches neuester Construction; man kann indessen schon sehr viel mehr, als früher damit ausrichten, und deßhalb hielt ich diese Mittheilungen im Interesse mancher Forscher für erwünscht.

Die Erscheinungen im parallel polarisirten Lichte wurden stets bei gekreuzten Nicols studirt, häufigst unter Anwendung eines Gypsblättchens vom Roth der ersten Ordnung, dessen

in der Plattenebene gelegene kleinste Elasticitätsaxe ein für alle Male die Richtung, die MM' in Fig. 1 gegenüber den gekreuzten Nicols NN' einnimmt, beibehält.

B. Untersuchung der einzelnen Vorkommen.

a. *Kalkthongranate.*

1. Weißer Granat von Auerbach an der Bergstraße.

An diesem Fundorte kommt, wie bekannt, der Granat überhaupt in sehr verschiedener Art vor. Auch der weiße und der lichtgelbliche Granat erscheinen in sehr mannigfachen Gebilden, so hauptsächlich mit selbstständigem oder vorwaltendem ∞O (110), manchmal combinirt mit $\infty O 2$ (210) und $\infty O^{3/2}$ (320), dann werden auch diese letzteren, besonders $\infty O 2$ (210), bisweilen vorherrschend, als Träger der Combination erscheint auch $2O 2$ (211), ja mitunter dominirt sogar $3O^{3/2}$ (321) und kommen ∞O (110), $\infty O 2$ (210), $\infty O^{3/2}$ (320) u. s. w. untergeordnet vor.

Von all' diesen Ausbildungsweisen stand mir nur die eine in hinreichender Menge zu Gebote, die ∞O (110) selbstständig zeigt und an der $\infty O 2$ (210), $\infty O^{3/2}$ (320), in Spuren auch $2O 2$ (211) untergeordnet vorhanden sind. In Folge des oscillatorischen Auftretens der Tetrakis-hexaëder sind die Rhombendodekaëder nicht selten parallel der kürzeren Diagonale gestreift; es kommen aber auch glatte ∞O (110) vor. Nur auf diese dodekaëdrischen Krystalle beziehen sich meine optischen Untersuchungen, denn so interessant es gewesen wäre, auch die anderen Ausbildungen zu prüfen, so mußte das doch wegen der Seltenheit des Materials unterbleiben. —

Es scheint mir aber das Wachsthum der hellen Granaten von Auerbach ein so ausgesprochen dodekaëdrisches zu sein, daß mit Untersuchung erstgenannter Bildungsweisen jedenfalls das Hauptsächlichste erkannt ist.

Zur Untersuchung der weißen Granaten in chemischer Hinsicht übergab ich Herrn Dr. Jannasch, erstem Assistenten am chemischen Laboratorium hierselbst und betraut mit den chemischen Untersuchungen des mineralogischen Instituts, ausgesuchtes Material und fand derselbe das specifische Gewicht bei 14° C zu 3,47 (2,1518 Gr. angew. Substanz) und ermittelte folgende Zusammensetzung:

SiO^2	=	41,80
Al^2O^3	=	20,91
FeO	=	2,01
MnO	=	0,18
CaO	=	33,48
MgO	=	0,82
Glühverlust ¹⁾	=	0,38
Na^2O	=	0,42
(incl. Spur von K^2O u. Li^2O) ²⁾		

100,00

Dabei wird bemerkt, daß der in Rede stehende Granat vor dem Löthrohr leicht zu einer klaren, grünlich gefärbten Perle schmilzt.

In optischer Hinsicht beobachtet man das Folgende:

α. Schliffe nach $\infty O \infty$ (100).

Dieselben stellen, wenn nahe den oktaëdrischen Ecken gelegen, Quadrate oder Rechtecke

1) Keine Kohlensäure.

2) Im Na-Sulfat, was im Gange der Analyse erhalten wurde, spectralanalytisch nachgewiesen.

dar, deren Seiten den Kanten des Würfels parallel gehen. Befinden sich die Schlitze in der Normalstellung, Fig. 2, so zeigt sich, bis auf wenige Stellen, Auslöschung, in der Diagonalstellung tritt etwas mehr Helligkeit ein. Im Allgemeinen ist aber kein großer Unterschied rücksichtlich der Verdunkelung oder Aufhellung bei Normal- und Diagonalstellung vorhanden. In letzterer bemerkt man, vornehmlich mit dem Gypsblättchen untersucht, eine Vierfeldertheilung, wobei die Grenzen der Felder nicht völlig geradlinig sind und sich ein Einfluß der Umgrenzungselemente auf die optische Structur kund gibt, vergl. Fig. 3. In derselben stellen die punktirten Felder die blaugefärbten, die weiß gelassenen die dar, welche den gelben Ton annehmen¹⁾. Es liegt somit in jedem dreieckigen Felde die kleinere Elasticitätsaxe senkrecht zur Projection der Würfelkante.

Auf Axenaustritt untersucht, bemerkt man dieselben auf den vier Feldern des Würfelschliffs in einer Stellung, wie sie Fig. 2 wiedergibt, was erklärt, daß der Schliff bei einer vollen Horizontaldrehung zwischen gekreuzten Nicols wesentliche Aufhellung nicht zeigt.

β. Schlitze nach O (111).

Dieselben zeigen, von der trigonalen Ecke her genommen, zwischen gekreuzten Nicols eine schöne Dreitheilung nach den Ecken, Fig. 4. Die Grenzen der Felder sind öfters gerade, manchmal aber auch etwas gewundene Linien. Die einzelnen Felder löschen senkrecht und parallel den Begrenzungselementen des Schliffs aus, wenn dieselben der Reihe nach durch Dre-

1) Dies soll in der Folge bei allen Figuren dieselbe Bedeutung haben.

hen des Präparats mit den Polarisationssebenen der gekreuzten Nicols coincidiren.

Im convergenten Lichte beobachtet man in jedem Sector eine excentrische Barre, die sich in der Dunkelstellung normal zu der demselben angehörenden Seite der Hauptfigur stellt. (In Fig. 4 ist dies durch die stärkeren Kreuzarme angedeutet).

Mit dem Gypsblättchen geprüft, nimmt der Schliff in der Stellung der Fig. 4 im unteren Sector den rothen Ton des ersteren an, während der rechte Sector gelb, der linke blau wird. (Wiedergegeben durch schraffirt, weiß und getüpfelt)¹⁾.

In den Oktaöder- und in den Würfelschliffen bemerkt man in deren einzelnen optischen Feldern zuweilen ein Auf- und Absteigen der betreffenden Farben. Die die Schliffe zahlreich durchsetzenden, meist ohne Regelmäßigkeit verlaufenden Risse alteriren dagegen die Erscheinungen nicht in bemerkenswerther Weise.

γ. Schliffe nach ∞O (110).

Werden solche Schliffe nahe parallel der natürlichen Fläche aus dem Krystall genommen, so zeigt sich eine Erscheinung wie in Fig. 5. Im polarisirten Lichte bei stärkerer Vergrößerung besehen, erblickt man auf dem Flächenfelde öfters eine zarte Gitterstructur nach den Diagonalen des Rhombus.

1) Ich habe hier den Fall angenommen, daß der Schliff für sich Hellgraublau I. Ordnung zeigt. Zeigt derselbe Grau I. Ordnung, so bemerkt man an Stelle vom Blau II. Ordnung das Violett II. Ordnung und anstatt Gelb I. Ordnung erscheint Orangeroth I. Ordnung. Bietet der Schliff für sich Weiß I. Ordnung dar, so sind die entsprechenden Töne Grün II. Ordnung und Weiß I. Ordnung.

Wird convergentes Licht angewandt, so bemerkt man den Austritt zweier Axen, deren Ebene der längeren Diagonale des Rhombus parallel geht und deren erste Mittellinie auf der Fläche senkrecht steht. Um den Charakter derselben zu bestimmen, bringt man, im parallel polarisirten Licht, die Platte aus der Normalstellung der Fig. 5 in die Diagonalstellung und zwar so, daß die lange Diagonale des Rhombus parallel MM' Fig. 1 ist. Man beobachtet dann bei allen Platten ein Steigen der Farbe und schließt sonach, daß die lange Diagonale (II. Mittellinie) von demselben Charakter ist, wie MM' im Gyps, d. h. die Axe der kleinsten Elasticität. Mit der ersten Mittellinie, die mit der Plattennormale coincidirt, fällt daher die Axe der größten Elasticität zusammen und der weiße Granat von Auerbach ist folglich bezüglich ersterer optisch negativ.

Ich habe diese Verhältnisse ausführlich beschrieben, weil sie in völlig entsprechender Art in den dodekaëdrischen Boraciten vorliegen, die Erscheinungen aber s. Z. von mir, durch eine unrichtige Angabebezüglich der Lage der kleineren Elasticitätsaxe im damals angewandten Gypsblättchen, zum Theil nicht ganz correct angegeben worden sind ¹⁾.

Schliffe parallel ∞O (110), mehr nach der Krystallmitte zu, zeigen die vom Boracit her bekannten Erscheinungen, die auch nochmals durch Fig. 12 (einen entsprechenden Granatschliff von Jordansmühl darstellend) wiedergegeben sind. Danach stellen die genannten Boracite und Granaten eine Structur dar, die ich, weil an den reinen ∞O

1) Vergl. übrigens N. Jahrb. f. Mineral. u. s. w. 1881, B. I, p. 248, Fußnote. Nr. 12.

(110) beobachtet, die normale Dodekaëderstructur nennen möchte.

— Die von mir untersuchten weißen Auerbacher Granaten waren sehr rein und frei von Einschlüssen; auch die von Rosenbusch angegebenen Flüssigkeitseinschlüsse waren nicht häufig zu finden. Ihre Gegenwart erklärt aber den Glühverlust der Analyse.

An dunkleren (röthlichen und bräunlichen) dodekaëdrischen Granaten desselben Fundorts konnte ich zwar ebenfalls Einwirkung auf das polarisirte Licht, jedoch keine so regelmäßige Anordnung der einzelnen Theile, wie sie oben geschildert wurde, wahrnehmen.

2. Weißer Granat von Jordansmühl in Schlesien.

Dieses Vorkommen wurde, wie in der Einleitung erwähnt ist, von Websky analysirt und beschrieben, sowie auf sein optisches Verhalten geprüft. Spätere Untersuchungen von Bertrand, deren weiter oben ebenfalls gedacht ist, lehrten uns die näheren optischen Verhältnisse kennen.

Meine Untersuchungen dieser in der Form von ∞O (110) mit dem vicinalen $\infty O^{64/63}$ (64.63.0) auftretenden, in der Richtung der kurzen Diagonale der Fläche ersterer Gestalt zart gewölbt, bis gestreift erscheinenden Krystalle, bestätigen Websky's und Bertrand's Angaben vollkommen. Namentlich ist wiederholt hervorzuheben, daß es Krystalle gibt, die fast oder ganz unwirksam sind, während von da ab bis zu der lebhaftesten optischen Wirkung zahlreiche verbindende Mittelglieder sich finden.

Im Allgemeinen stellen sich die optischen Verhältnisse bei den wirksamen Krystallen wie folgt dar:

α . Schliffe nach $\infty O \infty (100)$.

Schneidet man an einem Dodekaëder, nicht ganz an der Oktaëderecke, sondern etwas mehr der Mitte zu, ein dünnes Plättchen parallel $\infty O \infty (100)$ ab, so beobachtet man, wenn die Flächen von $\infty O (110)$, welche bei quadratischer Verzerrung dieser Gestalt die erste Säule geben würden, durch den Schnitt getroffen werden, eine Umgrenzung, wie in Fig. 6 dargestellt, woselbst drei solcher Flächen angeschnitten sind. Dieser Schliff löscht in der Normalstellung bezüglich der Theile aus (schräffirt), die in ungleicher Größe, den 4 Feldern der Figur 2 entsprechen und besitzt außerdem andere Partien, an den obengenannten Projectionen der Dodekaëderflächen beginnend, die Blau (Getüpfelt) und Gelb (Weiß) zeigen,¹⁾ wenn mit dem Gypsblättchen untersucht wird.

Da, wie bekannt, der Granat von Jordansmühl im optischen Verhalten zweiachsig und bezüglich seiner ersten Mittellinie negativ befunden worden ist, so liegen in diesen sich färbenden, diagonal einander gegenüberstehenden Theilen die Projectionen der Axe der größten Elasticität (I. Mittellinie) wie die Diagonalen des um die Fig. 6 in Normalstellung zu ergänzenden Würfelquadrats, was zur Folge hat, daß links unten und rechts oben ein Sinken und rechts unten und links oben ein Steigen der Farbe stattfindet.

Wird der Schliff, Fig. 6, in die Diagonal-

1) Auf diesen Feldern herrschen die betreffenden Farben nicht einheitlich, sondern sind am intensivsten an den Rändern und von denselben nach der Mitte der Sektoren zu.

stellung, Fig. 7, übergeführt, so löschen nun die früher gefärbten Theile aus und nehmen den rothen Ton des Gypsblättchens an; die früher wirkungslosen färben sich entsprechend Fig. 3.

Es verdient dieses Verhalten besonders hervorgehoben zu werden, weil man bei Herstellung beliebiger Schliffe aus dem körnigen Granat von Jordansmühl öfters quadratische Umrisse mit einer Wirkung findet, wie in Fig. 9 gezeichnet und einen scheinbaren Gegensatz zu dem darstellend, was die Fig. 3 und 7 lehren.

In Wahrheit entsprechen aber diese Gebilde Fig. 9, den in der Normalstellung der Platte wirksamen Theilen der Fig. 6, wodurch Alles sich bestens erklärt und ferner folgt, daß jene Schnitte, Fig. 9, bei ∞O (110) durch die bei quadratischer Verzerrung entstehende erste Säule gehen. —

Dieses Verhalten findet dann auch Bestätigung durch die Untersuchung dieser und der vorherbetrachteten Partien im convergenten polarisirten Lichte.

Rückt der Würfelschliff mehr nach der oktaëdrischen Ecke zu, so verschwinden die in Fig. 6 wirksamen Theile mehr und mehr und bleiben in anderen Schliffen auf Erhellungen an den Ecken oder auf aufhellende Streifen, nach den Diagonalen des Würfelquadrats eingelagert, beschränkt. — Bisweilen zeigen sich auch Erscheinungen wie in Fig. 8, welche nach Analogie des Topazoliths Fig. 45 und 44 oder gewisser dodekaëdrischer Kalkeisengranate von Breitenbrunn zu deuten sind (Fig. 51). Dafür spricht auch, daß der Schliff Fig. 8 in Diagonalstellung eine Feldertheilung und Färbung zeigt wie Fig. 3.

β. Schliffe nach O (111).

Dieselben entsprechen in allen Erscheinungen völlig dem Verhalten der aus den Dodekaëdern von Auerbach gewonnenen Oktaëderpräparate. Bisweilen beobachtet man haarscharfe Grenzen der Theile, vergl. Fig. 10, manchmal fehlen aber auch Andeutungen von Zonenstructur nicht.

In beliebigen Schliffen aus dem körnigen Granat sieht man bisweilen sehr schön den Schnitt durch die Mitte von ∞ O (110) nach O (111) vergl. Fig. 11. Derselbe ist, abgesehen von dem regelmäßigen Sechseck seiner Umgrenzung, charakterisirt durch die Auslöschungen, die senkrecht und parallel den Seiten des Hexagons verlaufen und unterscheidet sich dadurch von dem Centralschliff nach ∞ O (110), bei dem die Theile B, C, D, E, F, G der Fig. 12, unter Unterdrückung des Theils A, zwar ebenfalls ein Sechseck ausmachen, dessen Auslöschungen aber, wie in Fig. 12 gezeichnet, liegen und von dessen Winkeln zwei solche von $109^{\circ} 28' 16''$ sind, während die vier anderen je $125^{\circ} 15' 52''$ messen.

γ. Schliffe nach ∞ O (110).

Sind dieselben der natürlichen Fläche parallel, so kann Fig. 5 zu ihrer Darstellung und auch zur der der Lage der Axenebene dienen, welche Verhältnisse ganz entsprechend denen des dodekaëdrischen Boracit und weißen Auerbacher Granat sind.

Den Schliff nahe der Mitte stellt Fig. 12 nach der Natur dar. Auch hier tritt die vollständige Uebereinstimmung zu Tage.

Wird, bei Anwendung eines Gypsblättchens vom Roth der ersten Ordnung der Schliff, Fig.

12, so gestellt, daß die lange Diagonale des Theils A mit MM' Fig. 1, coincidirt, so wird A blau und B, C gelb. Die erste Mittellinie, senkrecht auf A stehend, ist also von negativem Character.

Der Axenaustritt läßt sich wie in den entsprechenden Boracitplatten auf das deutlichste constatiren. Demnach liegt bei den beiden untersuchten Granatvorkommen die Ebene der optischen Axen parallel der längeren Diagonale des Rhombus und die erste negative Mittellinie steht auf der Dodekaëderfläche senkrecht¹⁾. Die Structur dieser Dodekaëder ist also ebenfalls in der Hauptsache die normale; es kommen indessen, vergl. Fig. 8, schon Andeutungen von der Bildungsweise des Topazolith (vergl. dessen Beschreibung) vor.

Werden Dodekaëderschliffe des Jordansmühler Granatvorkommens erhitzt, so zeigen sie nach dem Erhitzen lebhaftere Farben als vorher und die Grenzen der Theile sind wohl auch hie und da etwas gegeneinander verschoben. Im Vergleich zu der prächtigen Erscheinung, die der Boracit darbietet, sind aber die hier eingetretenen Veränderungen nur höchst unbedeutend zu nennen; was wohl mit der größeren Unbeweglichkeit der Molecüle der Granatsubstanz zusammen hängt.

1) Verhältnisse, ganz ähnlich den geschilderten fand ich, nach diesbezüglichen Mittheilungen, in einigen Schliffen wieder, die mir mein Freund Prof. Rosenbusch anvertraute. Die Schliffe stammen aus Paris und werden von H. Ivan Werlein, 7 rue Berthollet, als Grénat et roche à grénat blanc, Piemont in den Handel gebracht.

Die vollkommene Uebereinstimmung mit dem, was in den Jordansmühler Schliffen zu Tage tritt, läßt es als sehr wahrscheinlich erscheinen, daß der Fundort auch der gleiche ist.

3. Gelblichweißer Granat von Elba.

Derselbe krystallisirt in der Form von O (111) und es treten ∞O (110), auch $2 O 2$ (211) combinirend hinzu. Die Krystalle sind, was die Flächenbeschaffenheit anlangt, von mattem Ansehen, aber ohne erhebliche Unebenheiten auf den Flächen.

Wegen der Zusammensetzung vergleiche Rammeisberg. Mineralchemie 1875. B. II. p. 478.

Die optische Untersuchung ergibt das Folgende:

α . Schliffe nach $\infty O \infty$ (100).

Dieselben sind meist Quadrate und zeigen in der Stellung der Fig. 13 nahezu vollständige Auslöschung. Es ist aber hierbei zu bemerken, daß Fig. 13 gegenüber Fig. 2 um 45° gedreht erscheint, da der Schliff aus dem Oktaëder genommen ist.

In der Stellung der Fig. 14 ergibt sich eine häufig unregelmäßige Vierfeldertheilung und nehmen, mit dem Gypsblättchen untersucht, die einzelnen Theile die Töne an, die Fig. 14 wiedergibt. Wir können daraus schließen, daß senkrecht zu jeder Quadratseite in den einzelnen Sektoren die Axe der größeren Elasticität verläuft. — Mitunter beobachtet man, auf den Grenzen der einzelnen Felder gelegen, noch Theile von unregelmäßiger Begrenzung, die bei der Stellung der Fig. 14 den rothen Ton des Gesichtsfelds beibehalten, dann aber beim Drehen des Präparats denselben ändern. Betrachtet man den Schliff Fig. 13 im convergenten Lichte, so treten auf den 4 Feldern, deren Begrenzungen Fig. 14 kennen lehrte, 4 Barren

aus, die in der Stellung der Fig. 13 senkrecht zu den Begrenzungselementen des Schiffs erscheinen. Ihre Drehung bei der Rotation des Präparats auf dem Objecttische ist dieser letzteren Drehung entgegengesetzt.

β. Schliffe nach O (111).

Dieselben sind höchst interessant. Wenn gleich nicht alle die Erscheinungen in der Deutlichkeit der Fig. 15 zeigen¹⁾, die aus der Combination O (111), ∞ O (110), 2 O 2 (211) genommen ist, so lassen sie doch sämmtlich in der Hauptsache gleiche Structur erkennen.

In Fig. 15 bleibt zunächst das innere concentrische Dreieck bei einer vollen Horizontal-drehung des Präparats zwischen gekreuzten Nicols dunkel, während alle anderen Theile aufhellen oder dunkel werden. — Mit dem Gypsblättchen untersucht behält der schraffierte Theil die rothe Färbung bei, welche dann auch das innere Dreieck (aber bleibend bei einer vollen Horizontaldrehung) annimmt, der linke Sector wird blau, der rechte gelb. Die Streifen zwischen diesen Haupttheilen zeigen einen eigenthümlich gelblich braunrothen Ton und löschen unter etwa 45° zu ihrer langen Ausdehnung nach l und r aus.

Wie deutlich zu erkennen, wird durch die optische Feldertheilung eine Projection der oben genannten, über einem Oktanten liegenden Flächen von O (111), ∞ O (110), 2 O 2 (211) auf die Oktaëderfläche dargestellt und ist damit der Einfluß der Begrenzungselemente auf die optische Structur erwiesen.

1) Dieselbe ist fast vollkommen nach der Natur gezeichnet, nur kleine Einlagerungen, besonders im Centraltheil sind weggelassen.

Untersucht man im convergenten polarisirten Lichte, so tritt auf jedem Sector in der Auslöschungslage (die Auslöschungen gehen in den Sektoren den Kanten der Hauptfigur senkrecht und parallel) eine Barre aus, wie in Fig. 16 gezeichnet. Auf dem Centralfeld erscheint aber das schwarze Kreuz einaxiger Krystalle.

Der oktaëdrische Granat von Elba baut sich sonach optisch aus acht einaxigen (hexagonalen) Individuen auf, die ihre Spitze im Centrum und ihre Basis in der Oktaëderfläche haben. Auf letzterer steht die optische Axe senkrecht. Der Charakter derselben ist negativ, wie man leicht aus der Farbenvertheilung der Fig. 14 und der der Fig. 15 schließen kann. In letzterer ist der linke Sector blau, also liegt die kleinere Elasticitätsaxe im Sinne von MM' ; da diese Elasticitätsaxe aber senkrecht zur optischen Axe gerichtet ist, so wird die letztere die der größten Elasticität, der Krystall folglich optisch negativ. Die anderen nach dem Oktaëder hergestellten Schliffe lassen im Wesentlichen dasselbe erkennen.

In einigen tritt der Einfluß der Fläche von O (111) mehr hervor, doch ist das bezügliche Feld nicht so einheitlich dunkel, wie in dem abgebildeten Präparat, und es zeigen sich Partien, die nicht mehr einaxig sind; in anderen kommen mehr die Theile, welche von den Icositetraëderflächen herrühren, zur Geltung.

Ein Schliff aus der Mitte zeigt eine zackig in einander greifende Sechstheilung, deren gegenüberliegende Sektoren zu gleicher Zeit auslöschen. Die Umgrenzungen des Schliffs sind nicht sehr gut erhalten, man kann aber doch sehen, daß derselbe ein Hexagon war, zu dessen Seiten senkrecht und parallel die Projectionen der Hauptauslöschungsrichtungen liegen.

γ. Schliffe nach ∞O (110).

Die eine Abstumpfung der Kanten des Oktaeders bildenden Schliffe nach ∞O (110) zeigen unregelmäßigen Wechsel zwischen rothen, blauen und gelben Stellen, wenn die lange Ausdehnung derselben in eine Polarisationssebene der gekreuzten Nicols fällt. Coincidirt ebengeannte Richtung (Projection der Oktaëderkante) aber mit MM' , Fig. 1, so färbt sich der Schliff blau, bei dazu senkrechter Stellung gelb, woraus man wiederum das bei der Betrachtung der Oktaederschiffe gewonnene Resultat erhält.

Schliffe in derselben Richtung nach dem Innern zu geführt, lassen eine complicirte Theilung erkennen. Die einzelnen Partien derselben konnten durch Erwärmung zwar wenig, aber doch bei verschiedenen Versuchen entschieden merklich, gegen einander bleibend verschoben werden.

Dieses Vorkommen stellt in den besten Präparaten die normale Oktaëderstruktur dar.

4. Braunrother Granat von der Mussa-Alp und röthlichgelber von Valle di Lanzo.

Dieselben sind entweder Dodekaëder mit $2 O 2$ (211), oder $2 O 2$ (211) mit ∞O (110); manch' Mal waltet die eine Gestalt vor der anderen bedeutend vor, selten erscheint die eine oder die andere ganz selbstständig.

Was die Flächenbeschaffenheit anlangt, so ist ∞O (110) bisweilen glatt, dann aber auch, wie beim Topazolith, mehrfach geknickt. Nicht

selten verlaufen diese Knicke in unregelmäßiger Weise. Die Flächen von $202(211)$ pflegen nach ihren symmetrischen Diagonalen gestreift zu sein.

An einigen Dodekaëdern beobachtete ich sehr interessante Wachsthumerscheinungen.

Ursprünglich, wie aus dem Kern zu ersehen, als reine $\infty O(110)$ vorhanden, zeigten die Krystalle beim Weiterwachsen das Bestreben die Combination $\infty O(110)$, $202(211)$ zu bilden. Dabei lagerte sich die Masse zuerst an den Kanten von $\infty O(110)$ an, gewissermaßen ein Gerüst darstellend. Die Flächen von $202(211)$ wurden sodann gebildet. Manch' Mal ist diese Bildung noch nicht vollendet, und die sich anlagernde Masse zeigt, da, wo eine Fläche von $202(211)$ die Kante von $\infty O(110)$ abstumpfen sollte, eine Rinne, von der aus sich die Substanz nach den anliegenden Feldern von $\infty O(110)$ hinzieht, als ob bei dem Festwerden der sich auflagernden Masse eine Contraction derselben stattgefunden hätte. Die Theile berühren sich in Folge dessen in den Kanten nicht mehr so innig, wie sonst. Deutet dies nicht auf die Entstehung der Trennungsflächen, die Bertrand im Granat fand, vergl. Einleitung pag. 480, hin?

Das Vorkommen, wenigstens das von der Mussa-Alp, ist wie in der Einleitung zu ersehen, auf Aetzfiguren von Baumhauer untersucht worden. Derselbe fand dem regulären Systeme entsprechende Gestalten und Vertheilung derselben. Mallard gibt optisch schwache Wirkungen an und vergleicht die Verhältnisse mit denen des Aplom von Sachsen.

Nach neueren Analysen von Dr. Jannasch, der auserlesene Krystalle prüfte, besteht der Granat der Mussa-Alp aus:

	I	II
Si O ²	= 38,12	38,94
Al ² O ³	= 18,35	17,42
1) Fe ² O ³	= 7,17	7,62
Mn O	= 0,13	0,56
Ca O	= 35,40	34,76
Mg O	= 0,02	0,37
Na ² O	= 0,42	0,34
Glühverlust	= 0,74	0,51
	<u>100,35</u>	<u>100,52</u>

Specif. Gewicht bei 20° C (1,9936 gr. Substanz)
= 3,633.

In optischer Beziehung lassen die in Rede stehenden Granaten meist nur schwache Wirkungen auf das polarisirte Licht erkennen, so daß man ohne Zuhülfenahme des Gypsblättchens wenig ausrichtet. Dabei ist aber ihr Aufbau ein so hochgradig verwickelter, daß es nur gelingt ein annäherndes Bild der Verhältnisse zu geben. Es ist dies, wie später ausführlicher dargethan werden wird, in dem Umstande begründet, daß zum Aufbau dieser Granaten, die meist neben ∞ O (110) auch 2 O 2 (211) zeigen, mehrere Structuren beitragen, welche vielfach sich gegenseitig beeinflussen und stören.

Granat von der Mussa-Alp. ∞ O (110) mit untergeordnetem 2 O 2 (211).

α . Schliffe nach ∞ O ∞ (100).

Man beobachtet bei denselben, die, wenn von der Ecke hergenommen, bezüglich der äü-

1) Die Eisenoxydulbestimmungen neben den Eisenoxydbestimmungen sind noch nicht ausgeführt und sollen später im Zusammenhang mit anderen Analysen mitgetheilt werden.

Beren Umgrenzungen, der Fig. 2 gleichen, in der Stellung dieser Figur nahezu völlige Dunkelheit; in der Diagonalstellung bemerkt man, mit dem Gypsblättchen untersucht, eine Feldertheilung und Färbung wie in Fig. 3, mit einem Mittelfeld (ähnlich Fig. 22), in welchem die Farben durcheinander gehen. Krystalle, an denen 2 O 2 (211) mehr vorwaltet, zeigen auch Erscheinungen wie Fig. 19, wobei in den (dann abgestumpften) Ecken vier Felder mit gemischten Tönen erscheinen.

Im Allgemeinen sind die Wirkungen auf das polarisirte Licht schwach, die Töne in den einzelnen Feldern nicht gleichmäßig, die Grenzen der Felder vielfach unregelmäßig, bisweilen eine Tendenz zu complicirterer Theilung verrathend, in Folge dessen auch die Feldertheilung öfters sehr wenig übersichtlich. In Schliffen nach der Mitte macht sich hie und da Zonenstructur geltend und die Färbung der vier Felder entspricht aus früher entwickelten Gründen (vergl. pag. 498) der Vertheilung in Figur 9.

Dabei gehen die Zonen den Seiten des nunmehr gegen das erstere (Fig. 2) verwendet stehenden Quadrats (Fig. 9) parallel, nicht ohne selbst wieder durch senkrecht zu ihrer Längsrichtung gelagerte, wie geflammt aussehende Streifen durchsetzt zu werden. Im Centrum tritt eine stark wirksame Partie, mitunter in Kreuzesform gebildet, auf. — Einschlüsse von Diopsid und Ripidolith sind öfters zu beobachten.

β. Schliffe nach O (111).

Sind dieselben von den trigonalen Ecken des Rhombendodekaäders her genommen, so stellt Fig. 17 ihre Erscheinung in einem verhältnißmäßig guten Präparat, das mit dem Gypsblätt-

chen untersucht ist, dar. Die Auslöschungen der drei Haupttheile liegen noch senkrecht und parallel den Dreiecksseiten, doch kommen in anderen Schliffen Abweichungen hiervon und Andeutungen von Theilungen des Dreiecks nach der Mitte der Seiten vor.

Die Schliffe aus der Mitte zeigen eine so verwickelte, mit Zonenaufbau am Rande wechselnde, aber meist nur schwach auf das polarisirte Licht wirkende Bildung, daß dieselbe nicht mehr in einfacher Weise darstellbar ist.

Die gleichen Einschlüsse, die bei den vorigen Schliffen erwähnt wurden, sind auch hier zu finden.

Wenn sonach mit Rücksicht auf diese Schliffe der Bau dieser Krystalle sich noch im Allgemeinen an den der reinen Dodekaëder anschließt, so weichen die Schliffe nach ∞O (110) erheblich ab. Ebenso ergeben sich sofort sehr gestörte Erscheinungen, sowie $2O2$ (211), was an den bis jetzt untersuchten Krystallen nur untergeordnet auftrat, vorwaltet.

Leider kann eine optische Prüfung der vorstehend beschriebenen Schliffe im convergenten polarisirten Lichte nur wenig Aufschluß gewähren, da die zu beobachtenden Erscheinungen so unbestimmt und schwach sind, daß damit weiter nicht viel anzufangen ist. Nur wieder ganz im Allgemeinen läßt sich sagen, es sei eine Annäherung an die später zu schildernden Verhältnisse des Topazolith zu bemerken.

γ. Schliffe nach ∞O (110).

Bei denselben offenbart sich der Einfluß der Oberflächenbeschaffenheit auf die optische Structur.

Selten ist nämlich ∞O (110) absolut glatt, meistens zeigt es kleine Erhöhungen, wie sie der später zu betrachtende Topazolith so aus-

gezeichnet darbietet und mit diesen hängt offenbar die optische Structur zusammen.

Ohne jetzt näher auf diese Verhältnisse einzugehen, sei nur bemerkt, daß mit dem Gypsblättchen untersucht Fig. 18 die Erscheinungen in einem einfachen Falle darstellt, andere Schlitze dagegen sehr viel verwickeltere Structuren erkennen lassen.

Im Allgemeinen läßt sich also eine mehr oder weniger undeutliche Vierfeldertheilung nachweisen und es ist zu bemerken, daß die Auslöschungen dieser Theile sehr wenig regelmäßige Lagen haben, in den meisten Fällen aber entweder parallel oder nahe parallel den Kanten des Rhombus oder unter 45° zu dessen Diagonalen geneigt zu beobachten sind. Diese Verhältnisse erinnern ebenfalls an die später zu betrachtenden des Topazolith, auch in Rücksicht auf den hier nur unvollkommen zu beobachtenden Axenaustritt.

*Granat von der Mussa Alp.
Vorwaltend 2 O 2 (211).*

Schlitze nach $\infty O \infty$ (100).

Hiervon gibt Fig. 19, mit dem Gypsblättchen untersucht, eine Vorstellung. Die Theilung ist, da 2 O 2 (211) vorliegt, entsprechend der Fig. 14 zu nehmen. In den Ecken des Rechtecks, das einen Einfluß der Verzerrung auf die optische Structur nicht verkennen läßt, treten mehr oder weniger regelmäßig abgegrenzte Partien auf, in denen die Farben durch einander gehen. Diese Partien sind vielleicht auf den Einfluß der Flächen von ∞O (110) zurückzuführen.

In der Stellung der Fig. 13 löscht Alles aus

und auf den vorher distinct gefärbten Feldern ist der Austritt einer Barre, wie in Fig. 13, zu beobachten.

Schliffe nach O (111).

Fig. 20 stellt einen solchen, ebenfalls mit dem Gypsblättchen untersucht, dar. In demselben tritt ein concentrisches Dreieck, in dem der Einfluß der äußeren Flächenstreifung noch nicht so merklich, wie in der Umgrenzung ist, auf. Die Farben gehen durch Kern und Hülle in der Hauptsache gleichmäßig hindurch, in letzterer findet man aber bisweilen in der Richtung der Streifen Partien, die Abweichungen in der Orientirung zeigen. — Der Austritt von drei Barren in den 3 Sektoren ist im convergenten Lichte wie in Fig. 16 zu beobachten.

Die Vertheilung der Farbentöne in Fig. 19 und 20 läßt im Vergleich zu denen in Fig. 14 und 15 auf ein entgegengesetztes optisches Verhalten schließen.

Schliffe nach ∞ O (110).

Nach einer natürlichen Fläche genommen geben sich Erscheinungen wie in Fig. 21 kund, die mit dem, was Fig. 18 zeigte, zu vergleichen sind. In Fig. 21, woselbst die Auslöschungen eingetragen sind, bemerkt man, daß eine wiederholte Bildung dessen erscheint, was in Fig. 18 links von der kurzen Rhombendiagonale stattfindet, und erst in den rechten Partien der Fig. 21 sich die Orientirungen kreuzen (Stellen mit 25° Auslöschung zur langen Diagonale.)

Schliffe nach 2 O 2 (211).

Dieselben lassen zum Theil einheitliche Stel-

len erkennen, die sich beim Drehen des Präparats zwischen gekreuzten Nicols nicht ändern und bieten noch häufiger andere dar, die beim Drehen Wechsel zwischen Helligkeit und Dunkelheit zeigen.

Die Platte erhält durch diese Partien und ihr zungen-, keil- und bänderförmiges Ineinandergreifen das Ansehen einer stark verzwilligten Leucitplatte.

Einheitliche Auslöschung tritt in keiner Stellung der Platte ein, die größte Dunkelheit zeigt sich, wenn die symmetrische Diagonale der Fläche von 202 (211) in die eine Polarisationssebene der gekreuzten Nicols fällt.

Schaltet man das Gypsblättchen ein und bringt die symmetrische Diagonale parallel MM' , Fig. 1, so wird das Feld rücksichtlich der wirklichen Theile blau, steht die Diagonale senkrecht zu MM' , gelb.

Im convergenten Lichte findet man, mit der durch die Schwäche der Erscheinung nöthigen Reserve, daß die bei der vorausgegangenen Untersuchung nicht wirksamen Stellen theils optisch einaxig, theils aber auch dies nicht und daher wohl solche sind, in denen zweiaxige Orientirungen sich rechtwinkelig kreuzen, während die zahlreicher vorhandenen aktiven Stellen sich optisch zweiaxig erweisen. In dem größten Theil letzterer (es ist dies der Fall in allen Partien, die senkrecht und parallel der symmetrischen Diagonale auslöschen) steht die Mittellinie auf der 202 (211) Fläche senkrecht und die Axenebene liegt normal zur symmetrischen Diagonale. Bei einem geringeren Theile schief ($8-10^\circ$) zur symmetrischen Diagonale auslöschenden Lamellen muß auch die entsprechende schiefe Lage der Axenebene angenommen werden. In

der Plattenebene ist aber die symmetrische Diagonale, für die orientirt zweiaxigen Partien in Streng, für die anderen nahezu, die Axe der kleineren Elasticität; die zweite Mittellinie, bei den orientirt auslöschenden Partien ebenfalls in der Plattenebene gelegen, (Normale zur symmetrischen Diagonale), die der größeren Elasticität, folglich die erste Mittellinie die der kleinsten Elasticität und der Krystall bezüglich derselben optisch positiv, was auch die Vertheilung der Farben in Fig. 19 und 20 lehrt.

Diese merkwürdige Structur, die sonach ein selbstständiges Ikositetraëder aufgebaut sein läßt aus 24 Pyramiden, deren Basisflächen die von 202 (211) sind und deren Spitzen im Krystallmittelpunkt zusammen treffen, wurde zuerst von Dr. Ben Saude für die Gestalten 202 (211) des Analcim erschlossen¹⁾.

Wegen der überaus schwachen Doppelbrechung dieses Minerals konnte aber die Erscheinung des Axenaustritts, senkrecht zur Fläche von 202 (211) gesehen, damals nicht wahrgenommen werden. Auch das vorliegende Material von der Mussa-Alp würde die Entscheidung nicht in Streng gestattet haben, wenn nicht die Granaten vom Wilui und von Sala in überraschend schöner Weise und einer Deutlichkeit, die nichts zu wünschen übrig läßt, uns in den Stand gesetzt hätten, die beiden Structuren einzeln zu erkennen, die bei den Krystallen von der Mussa-Alp zusammen wirksam gewesen sind.

In gleicher Weise baut sich der sofort noch anzuführende Granat von Valle di Lanzo auf.

Man kann ermessen, welche Vielgestaltigkeit

1) Inauguraldissertation. Göttingen 1881 und N. Jahrb. f. Mineralogie 1882 B. I. p. 69.

resultirt und wie schwer dieselbe bei der nur schwachen Doppelbrechung zu verfolgen ist.

Röthlichgelber Granat von Valle di Lanzo.
 $202\ (211)$ mit $\infty O\ (110)$.

Dieses Vorkommen ist ganz entsprechend dem betreffenden Mussa-Alp Vorkommen gebildet, wie der Schliff nach $\infty O\ (100)$ Fig. 22 bezüglich der Farbenvertheilung bei Anwendung des Gypsblättchens beweist. Ein hier auftretendes Mittelfeld hebt sich mit schwächerer Wirkung gegenüber den stärker wirkenden Rändern ab.

Auch der Schliff nach $O\ (111)$ Fig. 23 verhält sich wie vorher, ebenso zeigt ein entsprechender Schliff aus $202\ (211)$ und $\infty O\ (110)$ nahezu im Gleichgewicht, die entsprechenden Verhältnisse, Fig. 24 und läßt noch den Einfluß der Streifung der $202\ (211)$ Flächen erkennen.

Bezüglich der Dodekaëderschliffe gilt dasselbe, was bei den $202\ (211)$ Granaten von der Mussa-Alp gesagt wurde. Mit dem Gypsblättchen untersucht zeigen sie eine Farbenvertheilung, wie Fig. 28, wenn auch nicht ganz so ausgesprochen zonenweise angeordnet und ohne Mittelfeld.

Da die in der Fläche $202\ (211)$ gelegene Combinationskante $202 : \infty O$ zu der Combinationskante $202 : \infty O\ (100)$ senkrecht steht, so ist gegenüber der Farbenvertheilung der Fig. 22, die der Fig. 28 erklärlich, liegt ja doch für letztere die II. Mittellinie (Axe der größten Elasticität) nunmehr zur Combinationskante $202 : \infty O$ senkrecht.

Sonach erweist sich dieses Vorkommen, bei dem die Wirkung auf das polarisirte Licht womöglich noch schwächer als bei dem vorher betrachteten ist, ganz ähnlich demselben gebaut.

5. Lichtgrünlicher Granat vom Wiluifluß in Sibirien.

Die Hauptform ist hier 202 (211) mit untergeordneten ∞O (110) und $3 O^{3/2}$ (321); es finden sich aber auch selbstständige ∞O (110) und zwar sowohl regelmäßig, als verzerrt nach einer der drei gleichwerthigen Haupttaxen. Was die Flächenbeschaffenheit anlangt, so kommt 202 (211) glatt vor, aber auch manch' Mal nach der symmetrischen Diagonale gestreift und bisweilen beobachtet man eine eigenthümliche Oberflächenbeschaffenheit, die sich mit nichts anderem vergleichen läßt, als mit dem Anblick, den eingetrockneter Thon oder Lehm gewährt: die Oberfläche sieht zerrissen aus und die einzelnen von den Rissen umgrenzten Stellen sind wie eingesunken.

Die Flächen von ∞O (110) sind entweder glatt oder parallel ihren Combinationskanten zu 202 (211) zart gestreift. Von den so resultirenden 4 Streifensystemen walten öfters zwei unter $70^\circ 32'$ zusammenstoßende vor und erzeugen auf der Fläche eine federfahnenähnliche Structur.

Mit Rücksicht auf die Zusammensetzung vergl. man Rammelsberg Mineralchemie 1875. II, p. 478.

In optischer Hinsicht haben sich, wie aus der Einleitung zu ersehen, Breithaupt, Des-Cloizeaux, Wichmann und Jeremjew mit diesem Vorkommen beschäftigt. Von diesen Forschern kam Jeremjew der Erkenntniß des Aufbaues dieser Granaten am nächsten.

Granat von Wilui. 202 (211) vorherrschend.

a. Schliffe nach $\infty O \infty$ (100.)

Ich habe dieses Vorkommen sehr eingehend

studirt, namentlich wurden ganze Krystalle in einer Richtung vielfach durchgeschnitten und man kann auf Grund der Beobachtungen erkennen, daß die Structur der 2 O 2 (211) Grossulare von Wilui die ist, welche die entsprechend gebildeten Analcime zeigen.

Beginnen wir mit dem ersten Schliff nach $\infty O \infty$ (100) aus 2 O 2 (211) mit untergeordnetem ∞O (110) von dem oktaëdrischen Eckpunkt her, so stellt ihn Fig. 25 mit dem Gypsblättchen untersucht dar. Da die Farben in den beiden Sektoren steigen, welche bezüglich ihrer Verbindungslinie mit MM' , Fig. 1, coincidiren, so kann man sagen, daß in jedem Dreieck die Richtung der kleineren Elasticität normal zur äußeren Seite der Umgrenzung ist. — In der Stellung der Fig. 2 löscht alles aus, wenn im polarisirten Licht ohne Gypsblättchen geprüft wird und man beobachtet im convergenten polarisirten Lichte in jedem Sector den Austritt einer Barre, gelegen wie in Fig. 13. —

Nicht immer ist dies deutlich zu sehen; es rührt dies ein Mal daher, weil die Doppelbrechung öfters schwach ist und dann auch, weil, wenn stärker doppeltbrechende Stellen vorkommen, diese mit anderen, die fast nicht auf das polarisirte Licht wirken und senkrecht zu den Umgrenzungen eingelagert sind, sich untermischt zeigen, wodurch die Deutlichkeit der Erscheinung leidet. Im Centrum des Schliffs beobachtet man (in der Figur 25 dunkel gehalten) eine Anhäufung z. Th. mikroskopischer Einlagerungen eines lebhaft polarisirenden Körpers, der uns noch später beschäftigen wird.

Die Trennungslinien der Felder sind wellig gebogen, die Stärke der Doppelbrechung nimmt nach dem Rande der Felder hin zu.

Geht der Schliff mehr nach der Mitte zu, so erscheinen auf den Trennungslinien der Sektoren, Fig. 25, und zwar an den Ecken des Schliffs, die Theile *b* (Fig. 26). Dieselben wirken fast nicht auf das Licht ein und sind in der Form mehr oder weniger regelmäßiger Rhomben gebildet. Sie erscheinen dann im Schliff, wenn derselbe außen am Krystall durch die vier oberen Flächen von ∞O (110) geht.

Rückt der Schliff noch mehr nach dem Centrum zu, so schneidet er am Krystall in den acht unteren Flächen von $2 O 2$ (211) ein. Es stellt dann Fig. 26, die fast vollkommen naturgetreu ist, die Verhältnisse dar. Die Theile *a* mit ihren Einlagerungen und ihrer Färbung entsprechen *a* in Fig. 25, die Theile *b* sind mehr nach der Mitte zu gerückt, die Theile *a'* erscheinen neu. Die Töne, welche letztere annehmen, sind denen der anliegenden *a* Theile entsprechend. Zu bemerken ist die Zonenstructur, die am Rande erscheint, und öfters Zonen aufweist, die den äußeren Begrenzungselementen nicht parallel sind, ferner die nahezu unwirksamen Einlagerungen in den Theilen *a'*, die annähernd senkrecht zu den äußeren Begrenzungselementen stehen.

Von besonderem Interesse ist ein makroskopisch sichtbares Kreuz *cc*, das sich offenbar zu einer bestimmten Zeit während des Wachsthum gebildet hat und bezüglich der es bildenden Substanz nach den Ebenen des Würfels durch den Krystall geht. Da die Arme des Kreuzes aber auch mit einander verbunden sind und sich diese Verbindungslinien im Schnitte concentrisch nach $2 O 2$ (211) anordnen, so muß zu einer gewissen Zeit auch die betreffende Masse sich in Form einer Schicht auf $2 O 2$ (211) abgesetzt

haben. Den einen Arm dieser im Schliff als Kreuz sich darstellenden Erscheinung zeigt Fig. 26^a vergrößert, um seinen Aufbau aus den lebhaft polarisirenden Körnchen sichtbar zu machen.

Der verticale Arm dieses in seinen Durchschnittslinien gleichsam das Axenkreuz repräsentirenden Gebildes wurde im ersten Würfelschliff angeschnitten, vergl. Fig. 25, Mitte.

Rückt der Schliff noch mehr nach der Krystallmitte zu, so werden die Theile *a* kleiner, *a'* größer; *b* rücken ebenfalls mehr nach dem Centrum zu.

Im Medianschliff selbst sind die Theile *a* fast völlig verschwunden, die Theile *b* liegen zusammen im Centrum, die Partien *a'* haben die größte Ausdehnung und es treten an den $143^{\circ} 8'$ messenden Ecken nunmehr die vier verticalen Dodekaëderflächen mit Sectoren, aber nicht so deutlich wie die Theile *b*, auf.

Von diesem Mittelschliff an nach dem entgegengesetzten oktaëdrischen Eckpunkt kann man den Rücklauf der Erscheinungen in ausgezeichnetster Weise verfolgen. Es liegen mir im Ganzen aus drei Krystallen 22 solcher Schliffe mit den soeben geschilderten Erscheinungen vor.

Ohne Gypsblättchen sind diese Erscheinungen nur wenig gut zu sehen. In der Stellung der Fig. 25 und 26 ist bei der Untersuchung zwischen gekreuzten Nicols durch die wirksamen und nahezu unwirksamen Theile eine markirte Streifung zwar gegeben, aber lange nicht so gut zur Uebersicht zu verwerthen, wie die gelben und blauen Töne der Felder bei der Untersuchung mit dem Gypsblättchen.

Dreht man die Präparate Fig. 25 und 26 und die entsprechenden anderen, die ihnen

folgen und dazwischen liegen, aus der Stellung, die sie inne haben, um 45° heraus, so löscht Alles aus.

Beim Erhitzen eines Schliffs nach $\infty O \infty$ (100) konnte ich keine Verschiebung der Grenzen, wohl aber ein theilweises Verschwinden der nahezu isophanen Granatsubstanz erzielen.

β . Schliffe nach O (111).

Dieselben sind von schwacher Wirkung, zeigen aber mit dem Gypsblättchen untersucht eine Vertheilung der Felder wie in Fig. 27, woselbst speciell noch eine Störung der Feldertheilung zu bemerken ist.

Zwischen gekreuzten Nicols löschen die Felder und die ihnen entsprechenden Einlagerungen aus, wenn die äußeren Begrenzungselemente der Reihe nach in eine der Polarisations Ebenen der gekreuzten Nicols fallen.

Der Austritt der Barren im convergenten Licht, der Fig. 16 (äußere Theile) entsprechend, wurde schon von Jereméjew angegeben.

γ . Schliffe nach ∞O (110)

Auf die Herstellung derselben, die sich als besonders wirksam und schön gebildet erwiesen, wurde wieder besondere Sorgfalt verwandt und ganze Krystalle mehrfach nach ∞O (110) durchgeschnitten.

Der äußerste Schliff, einerseits von einer zufällig auftretenden natürlichen Fläche begrenzt, ist in Fig. 28 dargestellt. Mit dem Gypsblättchen untersucht, zeigt er eine den Fig. 25 und 26 scheinbar widersprechende, damit aber nach pag. 513 im vollen Einklang stehende Färbung der Felder, woraus zu schließen, daß die Axe der größeren Elasticität in der Plattenebene senkrecht

zu den Rhombenseiten steht, da, wenn diese Richtung in die von MM' , Fig. 1, kommt, ein Fallen der Farbe stattfindet.

Zonenaufbau ist in diesem Schliffe klar zu erkennen.

Im polarisirten Lichte löschen bei gekreuzten Nicols die Sectoren nach einander aus, wenn die Rhombenseiten der äußeren Umgrenzung mit einer Nicol-Polarisationsebene coincidiren; manchmal findet von dieser Orientirung eine kleine Abweichung statt. — Das Mittelfeld, der natürlichen, am Krystall klein ausgebildeten Fläche von ∞O (110) entsprechend, ist nahezu isophan.

Im convergenten polarisirten Lichte sieht man in den vier Sectoren sehr undeutlich vier Barren austreten, von denen jede in dem betreffenden Sector sich senkrecht zu der äußeren Rhombenseite stellt. Rückt der Schliff mehr nach der Mitte zu und geht er z. B. an $2 O 2$ (211) etwas unter den auf der Mitte der gebrochenen Oktaëderkanten liegenden Ecken durch, so zeigt sich eine Erscheinung wie in Fig. 29 wiedergegeben.

Wird der Schliff in der bezeichneten Stellung mit dem Gypsblättchen untersucht, so zeigen die Theile a , die Farbenvertheilung wie in Fig. 28. Isophane oder nahezu isophane Einlagerungen durchsetzen in Form von Streifen und in der Lage, wie in Fig. 29 dargestellt, die Felder a . Diese letzteren rühren von den vier oberen $2 O 2$ (211) Flächen her, deren nach dem Centrum zu verlaufende Pyramiden (die Basisflächen derselben sind jene $2 O 2$ (211) Flächen) durch den Schliff in Gestalt der Theile a getroffen werden.

Die Theile a' , mit Zonenstructur und Strei-

fen sehr schwach wirksamer Substanz, zeigen diese letztere nahe senkrecht zu den äußeren Begrenzungen eingelagert. Ihre Farbenvertheilung ist in Fig. 29 wiedergegeben. Auch sie entsprechen in ihren Feldern Schnitten, durch die zwei vorderen und die zwei hinteren Pyramiden gelegt, deren Basisflächen die entsprechenden Ikositetraëderflächen sind und deren Spitzen sich im Centrum befinden.

Die Auslöschungen der Theile *a* und *a'* liegen wie das über Fig. 29 befindliche diagonale Kreuz. Die Felder werden daher dunkel, wenn sie mit diesen ihren Auslöschungsrichtungen, die zu ihren Haupttrennungslinien unter 45° stehen, in die gekreuzten Nicols kommen.

Die Theile *c*, in der Zahl zwei vorhanden und auslöschend, wie das normale Kreuz (Fig. 29 links) gehören ebenfalls 2 O 2 (211) an. Auch sie zeigen nahezu isophane Stellen und bieten, mit dem Gypsblättchen untersucht, in der Stellung der Fig. 29 einen rothblauen Ton dar, der rein blau wird, wenn ihre Verbindungslinie mit *MM'*, Fig. 1, coincidirt. Steht diese Verbindungslinie dagegen senkrecht auf *MM'*, so werden die Theile *c* gelb.

Schließlich sind dann noch die Theile *bb'* übrig, die ebenfalls 2 O 2 (211) angehören. In der Stellung der Fig. 29 sind die Felder *b, b* gelb mit einem Stich ins Rothe, *b', b'* blau mit einem röthlichen Ton. Steht der Schliff so, daß die Theile *c, c* blau sind, so werden *b, b*, *b', b'*, gelb und umgekehrt; geht die äußere Begrenzungslinie von *b* der Richtung vorn hinten genau parallel, so sind *b, b* gelb; ist dasselbe für *b', b'* der Fall, so erscheinen dieselben blau.

Rückt der Schliff noch mehr nach dem Cen-

trum zu, so werden die Theile a und c kleiner, die anderen größer. Erreicht der Schliff das Centrum, so sind die Theile a und c fast völlig verschwunden und es herrschen nur noch a' , b und b' . Vom Centrum ab ist wieder der entsprechende Rücklauf der Erscheinungen zu beobachten. Am Krystall etwa vorkommende Verzerrungen äußern ihren Einfluß auf die optische Structur.

Einlagerungen lebhaft wirkender Körnchen, sowie solche von kleinen Großularen, sind in den Dodekaëderschliffen zu bemerken.

Aus diesen Schliffen und dem, was die Würfelschliffe lehren, folgt die Ikositetraëderstructur. 202 (211) besteht im optischen Sinne aus 24 Pyramiden, deren jede als Basis eine Ikositetraëderfläche hat und deren Spitzen alle im Centrum des Krystalls zusammentreffen. Die optische Beschaffenheit dieser Pyramiden erläutern:

δ. Schliffe nach 202 (211).

Sind dieselben von der Oberfläche her genommen, so erscheinen sie nahezu isophan. Indessen findet man doch, daß wenn die symmetrische Diagonale der Fläche parallel MM' Fig. 1, geht, ein Steigen der Farbe, bei senkrechter Stellung zu MM' ein Fallen stattfindet.

In Strenge optisch einaxig sind daher diese Pyramiden nicht, aber, wie die Untersuchung im convergenten polarisirten Lichte erweist, optisch zweiaxig mit kleinem Axenwinkel. Die erste Mittellinie steht auf der Fläche 202 (211) senkrecht, die Ebene der optischen Axen liegt normal zur symmetrischen Diagonale, der Charakter der Doppelbrechung rücksichtlich der ersten Mittellinie ist positiv.

Granat von Wilui. $\infty O (110)$ vorherrschend.

Die von mir untersuchten dodekaëdrischen Granaten von Wilui lassen Unterschiede im Aufbau erkennen, wenn normal gebildete oder verzerrte $\infty O (110)$ vorliegen.

Bei den normal gebildeten Dodekaëdern ist die Wirkung auf das polarisirte Licht sehr schwach.

Die Dodekaëderschliffe von außen genommen zeigen, mit dem Gypsblättchen untersucht, in der Stellung der Fig. 5 eine fein streifenförmige Vertheilung der rothen, blauen und gelben Partien nach den Seiten des Rhombus. Fällt die längere Diagonale desselben mit MM' Fig. 1 zusammen, so wird ein Steigen der Farbe beobachtet. Schliffe nach dem Inneren zu lassen mit Mühe, aber sicher constatirt, einen Aufbau erkennen, wie ihn Fig. 12 darstellt und die Vertheilung der Farben ist auch eine gleiche wie dort. In den Oktaëderschliffen, besonders in deren Mitte, erkennt man denselben Aufbau wieder, wie es Fig. 35 zeigt. Die Uebereinstimmung mit den $\infty O (110)$ von Auerbach und Jordansmühl ist also vorhanden.

Die in Form feiner Körnchen und zwar nach den in den Mittelpunkt gerückten Ebenen von $\infty O (110)$ eingelagerte Substanz bewirkt eine deutliche, schon mit bloßem Auge erkennbare Trennung der Sektoren, sowohl bei dem Schliffe Fig. 35 und hier auch durch die äußeren indifferenten Partien durchsetzend (in Fig. 35 nicht dargestellt), als in dem, den Fig. 12 vorstellenden soll.

Die Würfelschliffe sind zum Theil ohne Wirkung, zeigen mitunter aber auch eine Bildung wie Fig. 30, mit makroskopischen Einlagerungen lebhaft wirkender Körnchen im Centralfeld.

Eine nähere Untersuchung eines Krystalls,

der nach einer der drei gleichwerthigen Hauptaxen verzerrt ist, läßt den Grund der Erscheinung erkennen.

Geht an $\infty O(110)$, das zur scheinbar quadratischen Combination $P\infty(101)$ und $\infty P(110)$ zerfällt ist, der Schliff nur durch die Flächen der Pyramide, so ist erst verschwommener, in tieferen Schliffen aber sofort distincter werdend, eine Bildung zu erkennen, wie sie Fig. 31, mit dem Gypsblättchen untersucht, darstellt. Trifft der Schliff auch die Säule, so resultirt Fig. 32 mit Zonenstructur nach $2O2(211)$ an den Ecken, geht der Schliff allein durch die Säule, so stellt Fig. 33 die Erscheinung dar. Mit diesem Schliff beginnt im Centrum, neben den eingelagerten Körnchen, ein Kreuz stark auf das Licht wirkender homogener Theile aufzutreten, während in Fig. 31 und 32 nur in derselben Lage die schon oft beschriebenen Körnchen zu sehen sind. Fig. 34 stellt das Kreuz vergrößert dar, Fig. 34^a die Mitte eines Schliffs tieferer Lage, woselbst eine Orientirung im Kreuz vorwaltet und sich deutlich die Erscheinung der Zweiaxigkeit in derselben zu erkennen gibt.

Aus der nun immer mehr dominirenden Zonenstructur nach $2O2(211)$, die in Fig. 32 sich an den Ecken zuerst einstellte, nach dem äußerst unregelmäßigen Verlauf der Sectorengrenzen, die wie eingebuchtet oder verbogen erscheinen, dem wirren Durcheinandergreifen der einzelnen Orientirungen in den verschiedenen Zonen und dem Umstande, daß in tieferen Schliffen vom inneren Kreuz aus (Fig. 34) sich Streifen nach dem Rande ziehen und dort mit anderen, lebhaft wirkenden Sectoren zusammen stoßen, schließt man wohl nicht mit Unrecht auf ein Zusammenwirken der Dodekaëder- und der

Ikositetraëderstructur, von denen letztere im Inneren vorwaltet, erstere aber schließlich außen dominirt und die Form bestimmt.

Die optische Structur der Würfelschnitte, in einzelnen Schliffen zart angedeutet, in anderen bestimmt ausgesprochen, ist eine Folge der Verzerrung und des Wachstums nach 2 O 2 (211). Was die mehrfach erwähnten Körnchen anlangt, so glaube ich dieselben für die gleiche Substanz, wie die ist, aus der der Schliff besteht, halten zu sollen.

6. Granat von Timboeloen in Süd-Sumatra.

Ueber das Vorkommen dieser erdbraunen, äußerlich z. Th. zersetzten Granaten, die in der Form von ∞O (110) erscheinen, theilt mir mein Freund, Prof. Rosenbusch, Folgendes mit:

»Die großen braunen Granaten entstammen Kohlenkalk, der durch Diabas-Gesteine metamorphosirt wurde; sie liegen lose im feinkörnigen Kalk oder bedecken die Oberfläche des aus dem Kalk durch Contactmetamorphose entstandenen Granatfels«.

Da zur Analyse nicht ausreichendes Material vorhanden war, so wurde nur eine qualitative Prüfung vorgenommen. Dieselbe ergab einen Kalkthongranat mit Eisengehalt und etwas Mangan und Magnesia.

Optisch untersucht zeigen die Schliffe nach ∞O (100) und ∞O (110) nur wenig Wirkung auf das polarisirte Licht und die wirksame Substanz nicht in regelmäßigen Feldern angeordnet. In einem Schliffe nach O (111) tritt im Kern deutliche Feldertheilung auf, Fig. 36 und Anordnung der Farben, wie in Fig. 4. Zahlreiche Sprünge alteriren die Erscheinungen

nicht. Nach außen zu ist der Schliff isophan. Es findet theils allmählicher, theils unvermittelter Uebergang vom Kern zur isophanen Hülle hin statt. In den wirksamen Feldern beobachtet man immer Einlagerungen derselben Substanz, die nahezu wirkungslos sind.

Nach dem Mitgetheilten und der Form der betreffenden Granaten sind dieselben mit dem von Auerbach rücksichtlich des Aufbaues zu vergleichen.

Hiermit ist von den untersuchten Kalkthongranaten die Reihe derer, die optisch deutlich wirksam sind, geschlossen. Die nachfolgenden wirken entweder nur schwach, oder gar nicht auf das polarisirte Licht.

7. Granat vom Piz Baduz, Alp Lolen im Maigelsthal. Schweiz.

Die Hauptgestalten sind ∞O (110), $2 O 2$ (211), $3 O \frac{3}{2}$ (321). Ueber die Zusammensetzung vergl. Rammelsberg Mineralchemie 1875 p. 478. St. Gotthardt.

Optisch ist die Wirkung auf das polarisirte Licht sehr schwach.

Nach $\infty O \infty$ (100) geschliffen, bemerkt man außer ganz unwirksamen, auch Partien, die nach den Diagonalen der Platte verlaufen und in deren Normalstellung (vergl. Fig. 2) rothgelb und blau sind, wenn mit dem Gypsblättchen untersucht wird.

Nach O (111) und ∞O (110) sind eben solche Einlagerungen zu bemerken, die meist parallel den Umgrenzungen der Schlitze gelagert in denselben angetroffen werden. Sie werden beim Drehen der Präparate abwechselnd roth, gelb und blau. — Eine deutliche Feldertheilung tritt nicht auf.

8. Brauner und gelber Granat von Cziklowa im Banate.

Die ersteren, mit Wollastonit in blauem Calcit liegenden Granaten sind von der Form: ∞O (110) mit unvollzähligem $4 O^{4/3}$ (431). Ueber die Zusammensetzung vergl. u. A. Des-Cloizeaux Manuel de Minéralogie 1862. p. 268.

Die anderen sind gelb von Farbe und bieten dieselben Gestalten dar.

H. Dr. Jannasch fand:

Si O ²	=	39,74
Al ² O ³	=	19,23
Fe O	=	5,14
Mn O	=	0,13
Ca O	=	35,48
Mg O	=	0,56
Na ² O	=	0,61
Glühverlust	=	0,53
		101,42

Der Granat schmilzt vor dem Löthrohr leicht zu einer gelbbraunen Perle. Spec. Gewicht bei 15°C (2,3771 gr. Subst.) = 3,571.

Optisch untersucht lassen die Schliffe beider Vorkommen nur eine höchst unvollkommene, etwa dem Granat vom Piz Baduz vergleichbare Wirkung auf das polarisirte Licht erkennen. Bei dem gelben Granat ist indessen die Wirkung etwas hervortretender als bei dem braunen.

9. Brauner und gelber Granat vom Vesuv.

Diese beiden Vorkommen bieten die Gestalten ∞O (110) und $2 O 2$ (211) dar.

Die seltenen gelben Granaten¹⁾ untersuchte
H. Dr. Jannasch und fand:

Si O ²	=	39,83
Al ² O ³	=	20,16
Fe ² O ³	=	1,03
Fe O	=	1,21
MnO	=	0,46
Ca O	=	35,42
Mg O	=	0,97
Na ² O	=	0,33
Glühverl.	=	1,04
		100,45

Spec. Gew. bei 21° C (0,9732 gr. Subst.)
= 3,572

Optische Verhältnisse. Während die braunen Varietäten noch schwache Wirkungen zeigen, sind die gelben fast absolut isophan und wurden nur in einem Würfelschliff ganz vereinzelt Stellen schwacher Wirkung bemerkt.

b. *Kalkeisengranate.*

1. Gelblichbrauner Granat von Sala
in Schweden.

Derselbe kommt in der Form 202 (211) in Bleiglanz eingewachsen vor. Die Streifung genannter Gestalt nach der symmetrischen Diagonale ist so stark, daß man an einen Acht- und vierzigflächner denken kann, dessen längste Kanten, nahezu 180° messend, mit den symmetrischen Diagonalen von 202 (211) coincidiren. Diesen besonderen krystallographischen

1) Nach Breithaupt Vollst. Handb. der Mineralogie 1847 p. 645 fand Plattner in diesem Granat Kali. Das spec. Gew. wird zu 3,566 angegeben. Farbe honiggelb.

Verhältnissen entsprechen, wie wir sehen werden, die optischen in vollkommenster Weise.

Die Zugehörigkeit des vorliegenden Vorkommens zum Kalkeisengranat ist durch qualitative Untersuchung festgestellt, übrigens ist es wohl das, wovon Rammelsberg, Mineralchemie 1875, p. 479 Kunde gibt.

Optisch untersucht zeigt der Würfelschliff¹⁾ mit dem Gypsblättchen geprüft die Erscheinung der Fig. 37, woraus folgt, daß die größere Elasticitätsaxe in der Plattenebene nahe senkrecht (wie die Beobachtungen der Auslöschungen lehren) zu den Seiten des Rechtecks steht. Es gibt sich ferner in genannter Figur Zonenaufbau kund, und die wirksameren Schichten liegen nach innen. In der Stellung der Fig. 13 löscht nicht Alles ganz gleichzeitig aus, und man beobachtet kleine Verschiedenheiten der Auslöschung in einzelnen Theilen der Felder. Eine Hinneigung zu der Structur der Würfelschliffe, wie sie der Topazolith darbietet, gibt sich dadurch zu erkennen. Im convergenten Lichte zeigt sich dem entsprechend auf den einzelnen Feldern der Austritt einer Barre, meist nahe parallel, seltener normal zu den Umgrenzungselementen.

Der Oktaëderschliff, Fig. 38, zeigt ebenfalls, schon bei schwächerer Vergrößerung, eine Hinneigung zu der Structur des Topazoliths (Andeutung der doppelten Dreitheilung), der überwiegende Einfluß der Ikositetraëderstructur macht sich aber noch geltend. Mit dem Gypsblättchen untersucht stimmt der Schliff in Farbenvertheilung mit Fig. 37 überein. Mit stärkerer Vergrößerung

1) Es stand nur ein Krystall zur optischen Untersuchung zur Verfügung; aus demselben sind alle Schnitte genommen. Die Doppelbrechung derselben ist sehr energisch.

besehen, zeigt er seine drei Felder in zahlreiche Lamellen zerspalten, die nach rechts und links von ihrer, zu der jedesmaligen äußeren Dreiecksseite normalen Trennungslinie unter 3° – 5° und darüber auslöschen.

Der Dodekaäderschliff ist sehr einheitlich bezüglich seiner vier Felder, die Fig. 39, mit dem Gypsblättchen untersucht, darstellt. Aus der Vertheilung der Farben folgt, daß in jedem Sector die kleinere Elasticitätsaxe nahe senkrecht zu den äußeren Umgrenzungslinien liegt.

Auf Auslöschung geprüft, löschen die Sektoren links oben und rechts unten (gelb bei Anwendung des Gypsblättchens werdend) unter 40° zur längeren Diagonale aus. Die Auslöschung der beiden anderen Sektoren erfolgt ebenfalls gleichzeitig, aber unter 44° zu derselben Diagonale und im entgegengesetzten Sinne geneigt. Alle vier Sektoren werden daher niemals zu gleicher Zeit dunkel. Im convergenten Lichte beobachtet man in jedem Sector den Austritt einer stark excentrischen Barre.

Der Schliff nach 202 (211) sieht wie ein Plagioklas nach einer Fläche aus der Zone der b Axe aus. Wie ein solcher gliedert er sich in Lamellen, die unter 10° rechts und links zu ihrer Grenze, der symmetrischen Diagonale und ihren Parallelen, auslöschen. Normal zu diesen Richtungen liegen auch die Ebenen der optischen Axen in den einzelnen Lamellen, also in Zwillingsstellung. Die Mittellinie scheint jeweils nicht mehr normal zur Fläche zu stehen, der Axenwinkel um sie ist der spitze.

Wird die symmetrische Diagonale in die Richtung von MM' Fig. 1 gebracht, so wird der Schliff gelb, in der dazu senkrechten Richtung blau. Die symmetrische Diagonale ist also in

der Plattenebene noch beiläufig (nicht mehr, der Richtung nach, genau, da die oben geschilderte Lamellenbildung mit zwillingsartiger Auslöschung herrscht) die Axe der größeren Elasticität, die zu ihr normale Richtung (nahezu die der II. Mittellinie) die der kleineren, folglich die erste Mittellinie die der größten Elasticität und der Krystall mit Rücksicht hierauf optisch negativ.

2. Grüner Granat von Schwarzenberg und Breitenbrunn in Sachsen.

Die herrschende Gestalt ist 202 (211), zart nach der symmetrischen Diagonale gestreift.

Die Zugehörigkeit zum Kalkeisengranat unterliegt wohl keinem Zweifel, cf. Rammelsberg l. c. p. 479.

Die Schlitze lassen ein fast vollständiges Dominiren der reinen Ikositetraëderstructur, wie beim Wiluigranat gezeigt wurde, erkennen.

In der Farbenvertheilung, mit dem Gypsblättchen erforscht, folgen sie den Fig. 37, 38 und 39.

Der Zonenaufbau ist aber noch stärker, wie dort, entwickelt, was namentlich für die Würfel- und Dodekaëderschliffe gilt, in denen auch unwirksame Zonen auftreten. In den Oktaëderschliffen finden sich Anlagen zu Lamellen, wie bei dem Salagranat, die dann manch' Mal mehr hervortreten. Dies Alles steht offenbar in Beziehung zur äußeren Form. Der 202 (211) Schliff ist ziemlich unwirksam und nicht verzwillingt, daher die Axenverhältnisse wie beim Wiluigranat sich zeigen. Der Charakter der I. Mittellinie erweist sich, wie bei dem Granat von Sala, negativ.

In einzelnen Würfelschliffen, nach dem Innern zu genommen, bemerkt man auch schon

eine Tendenz zu einem dodekaëdrischen Aufbau; es deutet dies auf einen Gestaltenwechsel hin, welchen wir später bei der Betrachtung der dodekaëdrischen Kalkeisengranate Sachsens noch öfters kennen lernen werden.

3. Röthlichbrauner Granat von Achmatowsk.

Krystallisirt als ∞O (110) mit 202 (211) und in selbstständigen 202 (211). Hier wurde nur das letztere Vorkommen, dessen 202 (211) nach der symmetrischen Diagonale gestreift sind, untersucht.

Ueber die Zugehörigkeit zum Kalkeisengranat vergl. v. Kokscharow Materialien z. Min. Rußl. III, 1858, p. 80, u. Rammelsberg l. c. p. 480.

In optischer Hinsicht wirkt der Granat besagten Fundorts nicht sehr stark auf das polarisirte Licht, etwa wie der Kalkthongranat von der Mussa-Alp.

Die Würfelschliffe zeigen keine gesonderte Feldertheilung: die rothen, aber noch mehr die dominirenden blauen und gelben Partien liegen parallel den Begrenzungselementen der Schliffe eingelagert, wenn mit dem Gypsblättchen geprüft wird.

Einen Oktaëderschliff stellt Fig. 41, einen Dodekaëderschliff Fig. 42 dar, beide mit dem Gypsblättchen geprüft. Danach ist die Structur wie beim Wiluigranat und der Charakter der Doppelbrechung positiv, was auch ein Schliff nach 202 (211) direct bestätigt, da er sich wie ein entsprechender Schliff aus einem 202 (211) von Wilui verhält.

Den Streifen auf der natürlichen Fläche entsprechend, bemerkt man einen übrigens nicht sehr starken Einfluß derselben in den Schliffen nach O (111) und 202 (211), so daß daselbst

wohl anders orientirte Einlagerungen, aber nicht in beträchtlicher Menge und Ausdehnung vorkommen.

4. Topazolith von der Mussa-Alp.

Wie in der Einleitung hervorgehoben, ist die Structur dieses Granats im optischen Sinne durch Mallard und Bertrand erforscht, und kann ich das, was diese Forscher bezüglich Feldertheilung und Axenaustritt angeben, bestätigen. Dagegen ist es mir nicht gelungen, die Winkel der Auslöschungsrichtungen gegen die krystallographischen Elemente so constant zu finden, wie namentlich Mallard angibt und fordert dieser wichtige Umstand dazu auf, der Sache näher zu treten.

α . Schliffe nach $\infty O \infty$ (100).

Bei denselben herrscht mehr oder weniger regelmäßige, bisweilen sehr unregelmäßige Theilung nach den Seiten und den Ecken.

Fig. 43 stellt einen der besten Schliffe nach der Natur und in der Auslöschungslage der einen Theile dar. Dieselbe erfolgt, wenn aus der genauen, in Bezug auf das Quadrat diagonalen Stellung um 8° gedreht wird. Mallard gibt $22\frac{1}{2}^\circ$ an; diesen Winkel habe ich nie beobachtet.

Wird der Schliff in der Stellung der Fig. 43 mit dem Gypsblättchen untersucht, so werden die Theile *a* blau, die Theile *b* gelb und die Färbungen derselben erscheinen um so intensiver, je mehr der Schliff (bei einer Drehung des Tisches im Sinne der schon begonnenen) für diese Theile in die Diagonalstellung kommt.

In reiner Diagonalstellung des Quadrats erscheint der Schliff wie Fig. 44 gefärbt, in welcher in der Mitte ein rother Ton herrscht. In der Normalstellung des Quadrats nimmt derselbe

Schliff die Färbung der Fig. 45 an, wobei die horizontal schraffirten Partien wieder roth sind.

Natürlich ist weder in Fig. 44, noch in Fig. 45 für irgend ein Feld dessen genaue Diagonallstellung erreicht und gleichwerthige Elasticitätsaxen zweier Felder liegen in beiden Fällen nur ungefähr in der geforderten Richtung.

Andere Schlitze zeigen ähnliche Verhältnisse und wechselnde Auslöschungsschiefen, die Grenzen der Felder sind vielfach krumme Linien und weichen aus den Diagonalen der Figuren aus, vergl. Fig. 46.

Der Austritt der excentrischen Barren ist in den Feldern so, wie es Bertrand angibt.

β. Schlitze nach O (111).

Hier ist, wie bekannt, Sechstheilung nach den Ecken und den Seiten zu beobachten. Die Auslöschungen sind wieder sehr variabel und Fig. 47 gibt nebst eingezeichneter Feldertheilung von einem Falle Rechenschaft. Andere Fälle dienen nur dazu, die Inconstanz der Auslöschungsschiefen und willkürliche Größe der Felder in das Licht zu stellen. Man beobachtet im convergenten Lichte auf jedem Felde eine excentrische Barre.

γ. Schlitze nach ∞O (110).

Hier findet sich Viertheilung nach den Diagonalen. Dieselbe entspricht, wie schon Mallard hervorhob, genau den äußeren Pyramiden auf der natürlichen Fläche. Nicht immer ist jedoch die Theilung im geometrischen Sinne nach den Diagonalen, sondern häufig nach den parallel verschobenen Richtungen derselben anzutreffen.

Es kommen in dieser Hinsicht eine Fülle von Unterfällen, gar nicht selten sogar auch die Erscheinungen doppelter Viertheilung, von zwei

Erhebungspunkten auf derselben Fläche ausgehend, vor.

Fig. 49 zeigt in einem besonders klaren Schliffe die Grenzen der Felder und die parallel den äußeren Kanten gelagerten Auslöschungsrichtungen, zugleich die Tracen der Axenebenen darstellend. Fig. 50 führt denselben Schliff unter dem Gypsblättchen vor. Da die Normale zur Axenebene in der Plattenebene, nach dem Fallen der Farbe, wenn in die Richtung von MM' , Fig. 1, gelangend, zu urtheilen, größere Elasticitätsaxe ist, so ist in der Plattenebene die zweite Mittellinie die kleinere, die erste Mittellinie folglich die größte Elasticitätsaxe; der Krystall daher negativ.

Dies setzt voraus, daß die erste Mittellinie noch nahezu normal zur Platte, die zweite noch ungefähr in ihrer Ebene liegt, was für die in Rede stehende Platte annähernd der Fall ist.

Aber man würde irren, wollte man annehmen, das sei bei anderen Platten, namentlich in Rücksicht auf die Auslöschungsschiefen ebenso. Schon Mallard gibt an, eine Schiefe von 8° zur Rhombenseite gefunden zu haben.

Ich habe mich mit diesem Gegenstand eingehend beschäftigt und gefunden, daß von der Orientirung senkrecht und parallel zu den Rhombenseiten an Werthe der Auslöschungsschiefen von 2° , 5° , 8° , 10° , 12° , 17° u. darüber vorkommen. — Fig. 48 stellt einen derartigen Fall dar, der mit den entsprechenden anderen Fällen gewiß geeigenschaftet ist, die Natur dieser sog. Zwillingsgebilde in Frage zu stellen.

In der That bietet der Topazolith ein Beispiel dar, an dem man den Mangel an durchgreifender Gesetzmäßigkeit dieser Bildungen (Lage der Axenebene u. s. w.) erkennt und, wenn man

berücksichtigt, daß jedem anderen äußeren Flächenknick im Innern eine andere optische Structur entspricht (andere Auslöschungsschiefe und damit zusammenhängend andere Axenlage und Position der Mittellinie), so kann man nur zu der Ueberzeugung kommen, hier handle es sich um keine regelrechten Zwillingsbildungen.

Ich werde in Zukunft von der soeben erörterten besonderen Bildung als der Topazolithstructur reden.

5. Grüner Granat von Breitenbrunn.

Die sehr kleinen Krystalle sind ∞O (110) mit Streifungen nach der kurzen und Erhebungen nach der langen Diagonale.

Wie schon Mallard für ähnliche Vorkommen feststellte, ist die Structur topazolithartig, was namentlich der Dodekaäderschliff Fig. 53, in dessen vier Feldern die Axenlagen eingetragen sind, beweist. Da der Schliff, wenn die lange Diagonale des Rhombus mit MM' , Fig. 1, coincidirt, blau wird, sofern man das Gypsblättchen anwendet, und in der dazu senkrechten Stellung gelb, so folgt, daß mit MM' die Axe der kleineren Elasticität coincidirt, der Lage nach für alle 4 Felder beiläufig wiedergegeben durch die lange Diagonale. Unter Berücksichtigung der Lage der Axenebene ergibt sich daraus, daß die zur Platte annähernd normale I. Mittellinie die größte Elasticitätsaxe, der Krystall also optisch negativ ist.

Da die Kryställchen sehr klein, ca. $1\frac{1}{2}$ mm groß, waren, so konnte immer nur ein Krystall zu einem Schliff verwendet werden. Es ist dies zu bedauern, da die einzelnen Würfel- und Oktaäderschliffe, Fig. 51 und Fig. 52, manche Eigenthümlichkeiten darbieten, die nicht in anderen,

den betreffenden parallelen Schliffen näher zu verfolgen waren.

So zeigt der Würfelschliff Fig. 51 eine Theilung, die an die des Topazolith erinnert, wenn er sich in der Stellung der Fig. 45 befindet. Da die Abweichungen der Hauptauslöschungen von den krystallographischen Elementen hier aber noch nicht so bedeutend sind, wie beim Topazolith, so löscht der Schliff in der Stellung der Fig. 44 noch nahezu vollständig aus.

Im Oktaëderschliff, Fig. 52, beobachtet man im inneren Dreieck eine sehr zarte Theilung nach den Ecken, im äußeren eine bezüglich der Farbenvertheilung entgegengesetzte und überdies kräftigere Trennung. Es deutet dieses Verhalten auf ein Schwanken des Charakters der Doppelbrechung hin, dem wir später noch öfters begegnen werden.

— Schließlich sei noch bemerkt, daß bei diesen Granat- und den Topazolithschliffen, von allen Granaten am schönsten und zahlreichsten, die im parallel polarisirten Lichte zu beobachtenden schwarzen Banden, sich mit der Tischdrehung bewegend, zu sehen sind. Nur wo die Theile sich rechtwinklig kreuzen, entstehen dunkle Stellen und Streifen fixirter Lage, da hier Compensation der Doppelbrechung eintritt.

6. Grüner Granat von San Marco in Peru.

Von diesem ausgezeichneten Vorkommen, dessen Zugehörigkeit zum Kalkeisengranat die qualitative Analyse ergibt, standen mir nur zwei größere glatte Rhombendodekaëder und ein kleinerer Krystall derselben Ausbildung zur Verfügung.

Aus dem letzteren wurden Würfel- und Oktaëderschliff genommen, der Rest aber analysirt; die beiden anderen sind nach ∞O (110) durchgeschnitten worden.

Der Würfelschliff ist im Ansehen der Fig. 3 in Diagonalstellung zu vergleichen. Er erweist sich stark zonar struirt, bietet aber sonst die Charaktere der Fig. 2 u. 3 dar.

Der Oktaëderschliff ist in Fig. 54 wiedergegeben. Deutlicher Zonenaufbau ist nicht zu verkennen, die Wirkung ist sonst wie in Fig. 4. Bemerkenswerth ist eine vollständig isophane Zone (horizontal gestrichelt in Fig. 54), auf welche Erscheinung wir sofort eingehen werden.

Die Dodekaëderschliffe sind sehr verschieden. Während der eine Krystall in seiner Hauptmasse nahezu isophan ist und nur wirksame Zonen, entsprechend den einzelnen Theilen der Fig. 12, eingelagert enthält, ist der andere Krystall in seiner Hauptmasse deutlich doppeltbrechend und enthält isophane Zonen und Felder.¹⁾

Im ersten Schliff nach $\infty O(110)$ ist von besonderer Structur noch nicht viel zu sehen, und etwa die Verhältnisse der Fig. 5 treten auf.

Im zweiten Schliff dagegen beobachtet man, entsprechend Fig. 12, die Erscheinungen der Fig. 55. Im Centralrhombus und in den seitlichen Dreiecken ist Axenaustritt zu sehen und namentlich die Lage der Axenebene im Centralrhombus, wie in Fig. 12, Theil A, zu finden, auch der Charakter der Doppelbrechung um die erste, zur Plattenebene senkrechte Mittellinie der gleiche, wie dort, nämlich negativ, da, mit dem Gypsblättchen untersucht, der Centraltheil blau, die Dreiecke gelb werden, wenn die lange Diagonale des Centralrhombus mit MM' Fig. 1 coïncidirt.

Abgesehen von der Färbung der Felder und

1) Aehnliche Erscheinungen sah schon Brewster, vergl. Einl. pag. 462.

ihren gewundenen Grenzen sind besonders auffallend zwei völlig isophane Zonen, die sich rundum im Schliffe geltend machen und darauf hinweisen, daß zu einer gewissen Zeit die Krystallisationsbedingungen die entsprechende Anlage ermöglichten, sonach von einer ursprünglich zweiaxigen Doppelbrechung, gegen die ja auch schon die Dodekaäderschliffe des ersten Krystalls sprechen, nicht die Rede sein kann.

In einem fernerem Schliffe, ebensoweit von der Krystallmitte nach der andern Seite hin abstehend, wie dieser nach der einen, war ich so glücklich, auch, abgesehen von isophanen Zonen, das völlig wirkungslose Mittelfeld zu finden, das in seiner Hauptmasse weder zwischen gekreuzten Nicols, noch mit dem Gypsblättchen untersucht bei einer vollen Horizontal-drehung des Tisches irgend welche erhebliche Wirkung zu erkennen gibt und auch nicht im convergenten Lichte den Austritt einer Axe zeigt. Wollte man hier, entgegen dem, was aus dem Zusammenvorkommen von doppeltbrechenden und isophanen Partien folgt, annehmen, die Doppelbrechung sei ursprünglich, so würde man das Resultat erlangen, daß reguläre und rhombische Schichten auf einander isomorph weiter wachsen!

Welche Einflüsse aber das Feld in kleinen Theilen wirksam machen können, beweisen Einschlüsse, die in ihm eine orientirte Spannung hervorrufen, so daß, ähnlich den später beim Pyrop zu betrachtenden Interpositionen, hier folgende Wirkung sich kund gibt. Ein bestimmtes, wie ein diagonales Kreuz (Fig. 34 der Form und Lage zu dem Centralrhombus nach) beschaffenes Feld erscheint so verändert, daß in jedem

Kreuzarm die kleinere Elasticitätsaxe im Sinne desselben verläuft, die größere dazu senkrecht steht. In Folge dessen beobachtet man zwischen gekreuzten Nicols bei Anwendung des Gypsblättchens und einer vollen Horizontal-drehung des Präparats in den gekreuzten Polarisations-ebenen 4mal Auslöschung, in der Mitte der 4 Quadranten dagegen 4mal ein gelb-blaues diagonales Kreuz.

7. Brauner Granat von St. Christoph bei Breitenbrunn.

Auf diese Granaten und die folgenden von Schwarzenberg können die Bemerkungen Brewster's bezogen werden, der die deutlich begrenzten optischen Felder für fremde Krystalle nahm und wohl auch wegen der leuchtenden Kanten schon ihre Trennungsflächen bemerkt hat. Ferner behandeln die Mittheilungen Wichmann's und von Lasaulx's über Zonenaufbau, gleiche optische Wirkung gegenüber liegender Sektoren, doppeltbrechenden und nicht doppeltbrechenden inneren Kern u. s. w., wie solches in der Einleitung erwähnt ist, diese Krystalle.

Die vorliegenden Granaten sind die bekannten braungelben Dodekaëder mit grauen Kanten¹⁾. Die Streifung geht der kürzeren Diagonale parallel.

Betrachtet man einen Schliff nach $\infty O \infty$ (100) zwischen gekreuzten Nicols, so zeigt sich ein viergetheiltes Innenfeld, der Rand hat keine einheitliche Auslöschung. Mit dem Gypsblättchen in der Stellung der Fig. 56 untersucht, nimmt der Rand einen blaurothen Ton auf der einen

1) Vergl. Frenzel. Min. Lexikon f. d. Königr. Sachsen, 1874, p. 139.

Hälfte, einen gelbrothen auf der anderen an. Das Mittelfeld zerfällt in vier Theile, von denen zwei grünlichblau, die beiden anderen weiß werden. Im convergenten Lichte tritt in jedem Sector des Mittelfeldes eine Barre in der Lage, wie in Fig. 56 gezeichnet, aus; der Rand ist, da die Theile verschiedener Orientirung zu sehr durch einander greifen, nicht erforschbar. In der Diagonalstellung, Fig. 57, löscht das Centralfeld aus, der Rand nimmt die dargestellte Färbung an, wenn das Gypsblättchen angewandt wird.

Durch diesen Bau kommt eine Verbindung der Dodekaëder- mit der Ikositetraëderstructur zur Erscheinung, die schon bei den grünen 202 (211) Granaten Sachsens angedeutet ist und welche die folgenden Schliffe nach $\infty O \infty$ (100), die mehr dem Inneren zu entnommen und die, welche nach anderen Richtungen geführt sind, bestätigen.

So zeigen die normalen Schliffe nach O (111) Erscheinungen, wie sie die Fig. 54 bezüglich der Theilung und Färbung wiedergeben könnte, wenn man annehmen wollte, die isophane Zone käme nicht vor und die einzelnen Schichten folgten sich in regelmäßiger Weise, z. B. vom Centrum an, im Sector links, vom Blau der zweiten Ordnung über Grün II., Gelb II., Orange II., Roth II., Violett III., Indigo III., Blau III., nach Grün III. Ordnung ansteigend.

Hieraus läßt sich, da der Schliff selbst planparallel ist und doch wie drei Keile wirkt, ein Schluß auf die Art der hier in Frage kommenden Doppelbrechung ziehen.

Nicht alle Schliffe zeigen dieses Verhalten in gleicher Schönheit, überall ist es aber doch mehr oder weniger vorhanden. Manchmal beobachtet man, daß der Charakter der Doppelbrechung

umschlägt und die Farben die entgegengesetzten werden, Fig. 58. Dies ist wichtig zur Beurtheilung der Verhältnisse in Fig. 60. Bei einigen Schliffen war auch deutlich zu erkennen, daß der innere Kern aus einem $2O2(211)$ bestand, Fig. 59, wie dies durch die entgegengesetzte Dreitheilung desselben documentirt wird¹⁾.

Geht der Schliff durch das Centrum, so treten solche Structures auf, die auf eine abwechselnde Bildung des Krystalls nach $\infty O(110)$ und $2O2(211)$ schließen lassen und zwar war der hier betrachtete zuerst ein $\infty O(110)$, dann zwei Mal hintereinander ein $2O2(211)$, um endlich wieder ein $\infty O(110)$ zu werden. Diese Verhältnisse bringt, im Dodekaëderschliff, Fig. 60 zum Ausdruck.

Prüft man nämlich nach $\infty O(110)$, so tritt von außen her eine Erscheinung auf, wie sie Fig. 5 bezüglich der Umgrenzung und Axenlage angibt²⁾, auch ist der Charakter der Mittellinie, die normal zur Fläche ist, wie dort. In tieferen Schliffen aber tritt immer mehr die Erscheinung der Figur 60 zu Tage, die jenen ausgezeichneten Aufbau deutlich erkennen läßt.

Die Figur 60 ist in den Theilen zwischen äußerem Hexagon (Winkel oben $109^{\circ} 28'$, seitlich $125^{\circ} 16'$) und dem Ikositetraëder nicht aus-

1) Die Färbung der inneren Sektoren ist, abgesehen von dem Streifungseinfluß, der sich widerspiegelt, oben: gelbbau, rechts: gelbroth, links: blauroth. Das betreffende $2O2(211)$ ist also, wie bei dem Sala-Granat, nach seinen $2O2(211)$ Flächen nicht einheitlich, sondern hat Lamellenbau, wie dort gezeigt.

2) Dies letztere ist, obwohl ich viele Schliffe untersuchte, nur selten zu sehen, da der Schliff von außen öfters wie geflammt und geadert erscheint und in Folge dessen kein einheitliches Bild gibt.

geführt, da hier die optische Structur ein nicht gut wiederzugebendes Bild des Kampfes um das Endresultat zeigt. Die auf diese Zone folgenden Ikositetraëderlagen sind nach der Natur gezeichnet und auch ihre Wirkung auf das Gypsblättchen ebenso dargestellt.

Da, wo das innere Dodekaëder sich zeigt, vergl. Fig. 12, ist die Abbildung nach der Natur ergänzt, indem nur der concentrische Rhombus und die Dreiecke, sowie die beiden unteren Trapeze sichtbar, die zwei oberen aber durch auflagernde und eingedrungene Masse anderer Orientirung verhüllt sind.

Es kann aber nach all' dem Vorhergehenden kein Zweifel sein, daß die Ergänzung richtig ist. Man wolle auch bemerken, daß eine genaue Untersuchung der vorhandenen Theile der inneren Figur mit dem Gypsblättchen den entgegengesetzten Charakter derselben, wie Fig. 12 zeigt, ein Verhalten, das nach dem, was Fig. 58 lehrte, nicht verwundern kann.

Zum Schluß sei noch hinzugefügt, daß diese hübsche Structur keine Seltenheit ist.

8. Braungelber Granat von Schwarzenberg in Sachsen.

Derselbe kommt in $\infty O (110)$, stark nach der kürzeren Diagonale gereift, vor. Seine Structur läßt sich kurz als eine Verbindung der Dodekaëder- mit der Topazolithstructur charakterisiren.

Die Schliffe nach $\infty O \infty (100)$ zeigen Viertelung nach den Ecken, besonders deutlich hervortretend in der Stellung der Fig. 61, welche die mit dem Gypsblättchen hervorgebrachte Farbenvertheilung darstellt. In der Normalstellung ist nahezu Alles dunkel. Schliffe aus verzerren

Krystallen sehen wie Fig. 40 aus. — In allen sind die Töne Blau und Gelb nicht rein, sondern mit Roth untermischt.

Schliffe nach O (111) von außen zeigen die Erscheinung wie Fig. 4, jedoch mit deutlich keilförmiger Wirkung auf das Gypsblättchen, vergl. pag. 540. Der Centralschliff nach O (111) ist in Fig. 62 dargestellt. Wenngleich er in Form und Farbenvertheilung Aehnlichkeit mit Fig. 11 hat, die beide mit dem Gypsblättchen erforscht sind, so weicht er doch in einigen Punkten, z. B. im unregelmäßigen Verlauf der Sectorengrenzen, Vorhandensein mehrerer isophaner Zonen (kräftig horizontal schraffirt) von ihm ab. Fernerhin macht sich der Umstand geltend, daß, obwohl die Sektoren im Großen und Ganzen senkrecht und parallel den äußeren Umgrenzungselementen auslöschen, doch Abweichungen hiervon an einzelnen Stellen und zwar bis zu mehreren Graden vorkommen.

Der Dodekaäderschliff von außen ist meist wegen geflammter, geaderter oder gepflasterter Beschaffenheit der natürlichen Fläche mit Stückchen, die offenbar schon zersetzt sind, nicht zu untersuchen.

Prachtvoll ist dafür die Structur der inneren Schliffe. Fig. 63 gibt hiervon ein Bild. Aber während außen eine Zone, in Folge obengenannter Beschaffenheit der natürlichen Fläche und der sich anreihenden Schichten, wenig einheitlicher Art erscheint, folgt innen eine solche, deren Theile oftmals orientirte Auslöschungen wie in rhombischen Krystallen darbieten (Theile *a*, *a'* in Fig. 63). Dabei zeigt der innere concentrische Rhombus prachtvoll Viertheilung und Axenaustritt in jedem Sector, also die ausgesprochenste Topazolithstructur. Ferner

ist zu bemerken, daß die Lagen der Axenebenen nicht constant sind; in Fig. 63 sind sie nach einem vorzüglichen Präparate gezeichnet. Die erste Mittellinie steht schief zu jedem einzelnen Sector. Mit dem Gypsblättchen geprüft, wird der innere Theil blau, wenn die lange Diagonale parallel MM' Fig. 1 liegt, es folgt daraus ein negativer Charakter der ersten Mittellinie, den auch von anderer Seite her die Schliffe Fig. 61 u. 62 anzeigen. Manchmal haben nun auch die Theile a nicht Auslöschungen von 45° zu den Diagonalen des Rhombus und sind nicht dunkel bezüglich a' , wie in Fig. 63, dann sind diese Zonen vom Charakter des Mittelfeldes. Aber bisweilen ist der Charakter eben ein anderer und wie oben angegeben; dies deutet dann darauf hin, daß rhombische und triklone Schichten im optischen Sinne sich auf einander lagern.

Der Centralschliff nach $\infty O (110)$ ist ebenfalls vorzüglich; es treten in demselben unter ähnlichen Verhältnissen, wie soeben geschildert, die Theile B, C, D, E, F, G , Fig. 12, zum Sechseck zusammen. Von da ab ist der Rücklauf der Erscheinungen zu beobachten. — Dieselben sind, wie ich mich überzeugte, recht häufig schön erkennbar anzutreffen.

Auch hier stellen die Gesammterrscheinungen die secundäre Entstehung der Doppelbrechung in's wahre Licht; man müßte denn sonst annehmen, es fände auf triklinen Schichten ein isomorphes Fortwachsen rhombischer statt.

Schließlich sei noch erwähnt, daß namentlich bei den Kalkeisengranaten sich die von Bertrand (Bull. de la Soc. Min. de France IV.

1881 p. 14) für den Granat hervorgehobenen Trennungsflächen schön beobachten lassen, ganz besonders gut bei den dodekaëdrischen braunen Granaten von Sachsen. Die glatten, zum Theil aber auch treppenförmig gebauten Trennungsflächen treten besonders beim Zerschlagen der Krystalle schön hervor.

c. *Kalkchromgranate.*

1. Uwarowit von Bissersk.

Den Verhältnissen dieses Granats, die von Mallard und Bertrand erforscht wurden, kann ich meinerseits, unter Bestätigung der Angaben der Genannten, nichts weiter hinzufügen, als die Bemerkung, daß eine vollständige Uebereinstimmung im optischen Verhalten mit dem weißen Granat von Auerbach herrscht, sonach dieselbe Structur bei nicht völlig identischer, sondern nur analoger Constitution zu beobachten ist.

2. Grüner Granat von Orford in
Canada.

Sehr kleine, fast mikroskopische Dodekaëder in körnigem Kalk bilden chemisch ein Verbindungsglied des Kalkchrom- mit dem Kalkthongranat; vergl. N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1881. B. II, p. 174 d. Ref.

Optisch findet man, an einer größeren Zahl beliebiger Dünnschliffe untersucht, völlig das Verhalten des Granat von Auerbach und von Jordansmühl.

d. *Manganthongranate.*

In Ermangelung ächten Manganthongranats von hinlänglich durchsichtiger Beschaffenheit folgt hier der (nach qualitativer Analyse) Man-

ganthoneisengranat aus Granitdrusenräumen von Elba.

Derselbe bietet 2 O 2 (211) mit kleinen Flächen von ∞O (110) dar; erstere Gestalt nach der symmetrischen Diagonale gestreift. Den Schliff parallel $\infty O \infty$ (100) gibt Fig. 40 wieder, wenn mit dem Gypsblättchen geprüft wird, für den Schliff nach O (111) kann Fig. 41 dienen, für den nach ∞O (110) Fig. 42 unter Voraussetzung einer regelmäßigen Feldertheilung und eines concentrischen unwirksamen Mittelfeldes, letzteres von ∞O (110) herrührend. Da die optischen Wirkungen sehr schwach sind, so ließ sich Weiteres nicht ermitteln; man ist aber berechtigt hier den gleichen (positiven) Charakter der Doppelbrechung wie beim Granat von Achmatowsk und Wilui anzunehmen und sonst denselben entsprechende Verhältnisse.

e. *Eisenthongranate.*

Wirksam wurden dodekaëdrische Almandine vom Zillerthal ¹⁾ befunden. Die Wirkung ist zwar sehr schwach, aber vorhanden und namentlich zeigen die Schliffe nach O (111) eine deutliche, wenn auch sehr zarte Dreitheilung nach den Ecken und eine Farbenvertheilung mit dem Gypsblättchen, wie in Fig. 4 dargestellt, woraus auf einen Aufbau wie beim Granat von Auerbach zu schließen ist.

Dagegen zeigt der in der Form von 2 O 2 (211) krystallisirende Almandin vom Orient keine Spur einer Einwirkung auf das polarisirte Licht. — Ebenso wenig Wirkung zeigt ein weingelber,

1) Dieselben führen von allen Granaten die meisten Einschlüsse; man beobachtet aber keine Einwirkung derselben auf die optische Structur.

in Form von 2 O 2 (211) krystallisirender Granat von Brasilien.

f. *Pyrop.*

Zur Untersuchung gelangten böhmische Pyrope, die ohne alle Einwirkung auf das polarisirte Licht in einer Anzahl von beliebig orientirten Dünnschliffen waren. Einzelne Krystalle dagegen führten hexagonale Einschlüsse eines lichten, aber keine einheitliche Polarisation zeigenden Minerals. Von diesen Einschlüssen geht eine innerhalb eines gewissen Bezirkes wirkende Spannung der Art aus, daß, den Einschluß als Centrum der Wirkungssphäre angenommen, man sich das Feld derselben in lauter Sektoren zerlegt zu denken hat, die den Radius der Wirkungssphäre zur Höhe und ein sehr kleines Stück des Umfangs als Basis haben. In der Richtung eines jeden Radius liegt die Axe der größeren, senkrecht dazu die Axe der kleineren Elasticität. In Folge dessen geschieht es, daß zwischen gekreuzten Nicols um den Einschluß und von demselben als Centrum ausgehend, ein schwarzes Kreuz entsteht, das wie die Polarisationsebenen der Nicols liegt und bei einer Drehung des Tisches fest steht. Durchsetzt wird dasselbe in diagonalen Stellung von einem hellen Kreuz, dessen mit MM' Fig. 1 coincidirender Arm bei der Untersuchung mit dem Gypsblättchen gelb wird, während der dazu normale blau erscheint. Auch diese Töne erhalten sich bei einer vollen Horizontalldrehung des Objectisches und behält ebenso das früher schwarze, jetzt rothe Kreuz seine Farbe bei. — Diese Erscheinungen und die beim Granat von Peru erkannten sind ähnlich denen, die schon Brewster

andeutete, vergl. p. 462 und davon aus auf die Zusammendrückbarkeit der Masse schloss.

III. *Zusammenstellung der Resultate und Vergleich der Erscheinungen am Granat mit solchen, die, unter Nachahmung der äußeren Form dieses Minerals, eingetrocknete Gelatine zeigt.*

Ueberblickt man die große Mannigfaltigkeit der Erscheinungen, so treten aus dem Gewirre derselben für die aufmerksame Betrachtung doch bald einige Hauptgesichtspunkte hervor.

Zunächst ist klar, daß die chemische Constitution nicht auf die optische Structur von dem Einfluß ist, daß man aussagen könnte, es käme einer bestimmten Constitution immer nur eine Bildung im optischen Sinne zu. Wir beobachten vielmehr dieselben optischen Bildungen bei verschiedener Constitution und verschiedene optische Structuren, je nach der vorhandenen Form, bei der gleichen Zusammensetzung, sogar bei Krystallen eines und desselben Fundortes (Wilui, Mussa-Alp). Von der Zusammensetzung hängt also der optische Bau in erster Linie nicht ab. —

Klar und bestimmt tritt aber das zu Tage, was für die optische Structur das Bestimmende ist, wenn die Umstände überhaupt ihr Zustandekommen ermöglichten: die Form.

Wir finden bei den Oktaëdern von Elba die reine Oktaëderstructur, optische Axe, negativ, senkrecht zur Oktaëderfläche. Durch secundäre Umstände kann sich das Einaxige in das Zwei-axige verwandeln.

In den reinen Rhombendodekaëdern, z. B. von Auerbach, tritt die Rhombendodekaëderstructur zu Tage. Erste Mittellinie der optischen Axen, meist negativ, senkrecht zur Dodekaëderfläche; Axenebene parallel der langen Rhombendiagonale.

In den reinen Ikositetraëdern, z. B. von Wilui, zeigt sich die Ikositetraëderstructur. Erste Mittellinie der Axen oder optische Axe senkrecht zur Fläche von 202 (211). Charakter positiv oder negativ bei verschiedenen Fundorten. Wenn zweiaxig, Axenebene senkrecht zur symmetrischen Diagonale.

In den reinen Achtundvierzigflächnern haben wir die Topazolithstructur. Erste Mittellinie schief zur Fläche. Axenebene variabel gelegen. Charakter der Mittellinie negativ.

In den übrigen Fällen zeigt sich ein Zusammenwirken, vornehmlich zweier derartiger Structuren, wenn die denselben entsprechenden Flächen am Krystalle vorhanden sind.

So ist bei den Oktaëdern der Einfluß der untergeordneten Flächen zum Theil schon bemerkbar, die Rhombendodekaëder mit doppelter Streifung können als polyëdrische Achtundvierzigflächner betrachtet werden und zeigen Andeutungen von Topazolithstructur, in anderen kämpfen die Ikositetraëder- oder die Topazolithstructur mit der Dodekaëderstructur um's Dasein und bedingt zu gewissen Zeiten die eine, dann die andere das Wachsthum, in noch anderen Dodekaëdern sind von mit auftretenden Flächen von 202 (211) Einflüsse wahrzunehmen.

Ebenso wird die reine Ikositetraëderstructur durch eine als von polyëdrischen Achtundvierzigflächnern herrührende Reifung nach der symmetrischen Diagonale in eine an die Topazolith-

structur erinnernde übergeführt, deren Wirkung zu den dann in Betracht kommenden Begrenzungselementen sich u. A. dadurch kund gibt, daß in der Fläche von 202 (211) die Ebene der optischen Axen aus der Lage normal zur symmetrischen Diagonale ausweicht und an Zwillinge erinnernde Erscheinungen sich zu erkennen geben ¹⁾.

Es ist also, wenn überhaupt Doppelbrechung auftritt, eine innige Beziehung der Erscheinungen derselben zur Form vorhanden, und das, was die Beobachtungen erkennen lassen, ist sammt und sonders nur in dem einen Sinne zu verwerthen, daß die hier auftretende Doppelbrechung nicht aus ursprünglicher Anlage resultirt. Hierfür sprechen namentlich: die Feldertheilung und der häufig unregelmäßige Verlauf der Grenzen derselben, sowie der Einfluß der Verzerrung auf die optische Structur. Weiter sind hier in Betracht zu ziehen: die im parallel polarisirten Licht auftretenden schwarzen Banden, die beim Drehen des Präparats mitwandern und anzeigen, daß die Partien nach einander, nicht gleichzeitig, in Auslöschungslage kommen, ferner die z. Th. zu beobachtende Nichteinheitlichkeit der Felder im optischen Sinne, das Steigen und Fallen der Farben, der schwankende Charakter der Doppelbrechung in verschiedenen Schichten, die Verwachsung von solchen verschiedener optischer Bedeutung, die Einschlüsse und ihr optischer Effect auf die Grundmasse. Endlich spricht auch das Vorkommen nahezu isophaner und dieses Erforderniß voll-

1) Sehr ähnliche Verhältnisse, natürlich mit durchgreifenderem Lamellenbau, läßt der *Leucit* erkennen. In wie weit dieselben hiermit übereinstimmen, müssen fernere Untersuchungen lehren.

ständig erfüllender Krystalle (gelber Granat vom Vesuv, Almandin vom Orient) dafür, daß die in anderen Fällen beobachtete optische Wirksamkeit, bei gleicher Constitution, secundären Umständen ihre Entstehung verdanke. In gleicher Weise läßt sich aber auch erkennen, daß da, wo vollkommenere Erscheinungen auftreten, die, wenn sie für sich allein beobachtet wären, wohl geeignet sein würden, die Aufmerksamkeit zu erregen und anderer Deutung fähig zu sein, dieselben doch nur eben als vollkommenere Bildungen sich öfters unter unvollkommener Form darstellender Erscheinungen anzusehen sind. Denn man findet meist alle Uebergänge von einem Extrem in's andere, kann eine vollständige Reihe herstellen und bei bestimmten Vorkommen (Jordansmühl, Peru u. s. w.) ist schließlich in dem Miterscheinen der nahezu vollkommen isophanen Substanz das Moment gegeben, was auf die Entstehung der wirksamen Krystalle dieser Fundstätten das nöthige Licht wirft. Davon abgesehen sprechen auch die zahlreich beobachteten isophanen Stellen und Zonen in wirksamen Krystallen selbst für die Entstehung dieser Doppelbrechung durch secundäre Umstände und das, was beim Boracit, dessen Krystalle durchweg stark lichtbrechend sind, fehlte, die vermittelnden Uebergänge, ist hier ausgiebigst vorhanden. — Aus allen diesen Gründen und, um es nochmals zu betonen, nicht am mindesten aus dem, daß isophane, rhombische und triklone Schichten im optischen Sinne in einem und demselben Krystalle sich finden, folgt der secundäre Charakter dieser hier vorhandenen Doppelbrechung, der sie nicht befähigt auf die Bestimmung des Krystallsystems unseres Minerals, das das regu-

läre ist und bleibt, einen bestimmten Einfluß auszuüben.

Freilich ist mit dieser Erkenntniß nur eine, wenn auch große Schwierigkeit überwunden; die Fragen, woher kommt es, daß ein und derselbe Körper so verschiedene optische Structuren zeigen kann, und wie ist das Zustandekommen dieser secundären Doppelbrechung überhaupt zu erklären, harren noch der Lösung.

Ich werde auf die erste dieser Fragen alsbald eingehen und in einem Schlußabschnitt den Versuch machen, eine Annahme darzulegen, die vielleicht geeignet ist, zur Erklärung der letzteren beizutragen.

Wenn wir die bis dahin rücksichtlich ihrer optischen Anomalien näher untersuchten regulären Körper: Alaun¹⁾, Boracit, Analcim, Granat, Senarmontit²⁾, Eulytin³⁾, Rhodizit⁴⁾ u. s. w. betrachten, so finden wir einerseits bei ein und derselben Gestalt verschiedene optische Structur, so bei den Oktaëdern des Alaun, Granat und Senarmontit, bei den Dodekaëdern des Boracit, Granat und Rhodizit, bei den Tetraëdern des Boracit und Rhodizit u. s. w. Aber auch das Umgekehrte zeigt sich: die verschiedensten Mineralien lassen, wenn sie in derselben Gestalt und mit gleicher Flächenbeschaffenheit derselben krystallisiren, ein und dieselbe optische Structur erkennen, so die glatten Dodekaëder beim Boracit und Granat, die ebenfalls wenig ge-

1) Klocke. N. Jahrb. f. Min. 1880. B. I, p. 53.

2) Mallard. Annales des Mines 1876. X. — Grosse-Bohle. Zeitschr. f. Kryst. V. 1881. p. 222 u. f.

3) Bertrand. Bull. de la Soc. Min. de France. 1881 B. IV, p. 61.

4) Bertrand, ibidem 1882. B. V, p. 72.

streiften Ikositetraëder des Analcims und des Granats u. s. f.

Dies läßt den Schluß berechtigt erscheinen, daß, wenn die regulären Körper in einer, was Flächenbeschaffenheit anlangt, absolut gleichen Gestalt krystallisiren, auch die optische Structur eine gleiche sein werde.

Andeutungen, die hierauf hinzielen, sind schon früher gemacht worden und namentlich spricht Grosse-Bohle (l. c. p. 235) die Beziehung zwischen optischer Structur und Streifung geradezu aus und stellt die Frage auf, ob nicht jene durch diese bedingt werde¹⁾. — Wenn dagegen Klocke (N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1881 B. II, p. 17 der Referate) geltend macht, daß beim Alaun kein Zusammenhang zwischen Streifung und optischen Eigenschaften zu bemerken ist, und auch Ben Saudé beim Analcim (l. c. p. 51) solche Beziehungen nicht findet, so widersprechen diese Beobachtungen jener ersten in sofern nicht, als die Streifungen in den verschiedenen Fällen offenbar nicht das Resultat gleicher Wirkungen sind.

Durch die bloße Oberflächenstreifung, die lediglich eine Folge der parallelen Auflagerung gegen einander zurücktretender Lamellen ist,

1) Nach meiner Auffassung der Sache ist das Senarmontitoktaëder durch die (von Grosse-Bohle beschriebene) Streifung zu einem $mO(hhl)$ mit m nahe = 1, gestempelt. Die Beobachtung läßt, hiermit im vollen Einklang, einen Aufbau aus 24 monoklinen Individuen im optischen Sinne erkennen. Dies ergibt sich folgerichtig aus den aus der Normallage gerückten drei gleichschenkligen Dreiecken, in die das Oktaëderflächenfeld zerfällt. Zeigen die Krystalle noch andere Störungen, so kann, wie Mallard fand, Topazolithstructur auftreten. — Vergl. weiter unten, Gelatineversuche.

wird die optische Structur nicht geändert, wohl aber durch jene Streifung, die das Vorhandensein aus der Normallage ausweichender polyëdrischer Flächen andeutet, und die man die polyëdrische Streifung nennen könnte.

Der Granat bietet hierfür in seinen polyëdrisch gestreiften Ikositetraëdern, z. Th. auch Dodekaëdern, zahlreiche Beispiele, und man kann, wie schon Mallard treffend hervorhob (vergl. Einleitung p. 475), von der äußeren Flächenbeschaffenheit auf die optische Structur des Innern schließen. In besonders hervorragender Weise zeigt sich dies beim Topazolith.

Während also den glatten Oktaëdern, Dodekaëdern, Ikositetraëdern u. s. w. die von mir als Normalstructuren bezeichneten zukommen, im Einklang stehend mit der Symmetrie ihrer Flächenbegrenzung, werden im vorhin angeführten Sinne gestreifte, derartige Gestalten Abweichungen zeigen, die sich durch unsymmetrischere optische Bildungen kund geben. Dies ist, was die Beobachtungen bestätigen.

Aber während wir gestützt auf die Darlegungen Neumann's von der regelmäßigen Compression und Dilatation¹⁾ und an der Hand der von Ben Saude gefertigten Gelatinekörper²⁾ Structuren imitiren können, die den dreigetheilten Oktaëderflächen, viergetheilten Würfelflächen und viergetheilten Dodekaëderflächen der optisch anomalen Körper nach Feldertheilung und Axenaustritt entsprechen, bot die Nachahmung des Auftretens von einheitlichen Flächen, z. B. von ∞O (110), bis jetzt Schwierigkeiten dar.

Indessen machte ich schon zur Zeit, als ich

1) Pogg. Annalen B. LIV, 1841.

2) N. Jahrb. f. Min. u. s. w. 1882. B. I, p. 72 u. 73.

unter Druck die Gelatinepräparate herstellte, die den besonders schönen Axenaustritt zeigten und die ich dann H. Ben Saude zur Verfügung stellte¹⁾ die Bemerkung, daß eine Platte von Gelatine dann keine Feldertheilung zeigt, wenn sie unter hinlänglich starkem Drucke erstarrt, ja daß die bereits vorhandene Feldertheilung bei Anwendung eines solchen zurückweicht, sofern die Platte noch weich genug ist, um dies zu gestatten.

Ich sehe hierin den Grund der Bildung einheitlicher Flächenfelder. Eine in Beziehung zu den Umgrenzungselementen (Kanten) wirkende Contraction und eine solche normal zu den vorhandenen Flächen sind als die Ursachen, die zu den optischen Veränderungen Veranlassung geben, zu betrachten.

Ueberwiegt der Einfluß der Umgrenzungselemente, so bildet sich die Feldertheilung, präponderirt die Wirkung normal zur Fläche, so bleibt letztere einheitlich²⁾.

Für diese Ansicht spricht ferner, daß die einheitlichen Flächen: O (111) des Granat von Elba, ∞O (110) des Boracit und des Granat von Auerbach, die nur mit Oberflächenstreifung versehenen $2O2$ (211) der Granaten von Wilui und des Analcim³⁾ eine Structur im optischen Sinne erkennen lassen, die in einfacher Beziehung zu ihren Umgrenzungselementen steht.

1) Ben Saude l. c. p. 72 Fußnote.

2) Sollte sich nicht dadurch auch das verschiedene Verhalten der Alaunoktaëder nach Mallard und Klocke erklären lassen? Beim oktaëdrischen Granat von Elba findet sich wenigstens Entsprechendes, vergleiche pag. 503 u. 548.

3) Hier fand Ben Saude keine Beziehung der optischen Structur zur Streifung, also ist sie keine polyëdrische.

Tragen die Flächen eine von polyëdrischen Gebilden herrührende Streifung, so sind sie solchen zu vergleichen, die aus der Normallage gerückt sind, und entsprechen dann diesen letzteren in ihrer Wirkung. Das Beispiel des Topazolith, bei dem die Auslöschungsschiefen und Lagen der Ebenen der optischen Axen sich so merklich ändern und sich eine so auffallende Beziehung der optischen Structur zu den auf der ∞O (110) Fläche vorhandenen Knicken, in Wahrheit aber an Stelle von ∞O (110) auftretenden Achtundvierzigflächenflächen zu erkennen gibt, bestätigt dies und beschäftigte mich besonders.

Durch die Gelatineversuche hatte ich gefunden, daß bei den zweiaxigen Präparaten die Mittellinie nur dann senkrecht zur Fläche steht, wenn die Platte völlig eben ist und sofort schiefe Stellung einnimmt¹⁾, sobald die Platte sich biegt. Dies forderte mich auf die Topazolithstructur künstlich nachzuahmen, — und die Nachahmung ist mir in überraschend schöner Weise gelungen.

Wenn man in Holzrähmchen von der Form des Rhombus des Dodekaëders gut geklärte Gelatine gießt; in das Feld nach dem Erstarren und vor dem völligen Erhärten der Masse die Diagonalen zart einreißt, oder, wie es beim Topazolith der Fall, die dort in sehr wechselnder Weise erscheinende Feldertheilung mit einem Messer zart einträgt, dann durch den Kreuzungspunkt der Diagonalen oder ihrer Parallelen einen Faden, mit einer Widerlage an einem Ende

1) Stellen in Gelatinepräparaten, die eine schiefe Position der Mittellinie erkennen lassen, beobachtete schon Klocke, N. Jahrb. f. Miner. 1881. II, p. 263.

versehen zieht, anzieht, eine Pyramide zur Erhebung bringt und so erstarren läßt, — so gelingt es die wechselnden Erscheinungen des Topazolith nachzuahmen und zwar so, daß man zu jedem Topazolithpräparat das zugehörige Gelatinepräparat machen kann¹⁾.

Letztere zeigen, was Lage der Axenebenen und Schiefe der Mittellinien anlangt, eine vollständige Uebereinstimmung mit dem natürlichen Vorkommen. Die Axenwinkel sind indessen nicht überall die gleichen und werden in der Mitte der Präparate kleiner, wie schon früher durch Klocke und Ben Saude hervorgehoben worden ist; man hat natürlich bei diesen Versuchen eine vollkommen einheitliche Wirkung nicht in seiner Gewalt.

Immerhin sind die Präparate gut genug gebildet, um erkennen zu lassen, daß die bei den betreffenden Normalstructuren des Oktaëders, Dodekaëders, Ikositetraëders, Tetraëders u. s. w. bisweilen vorkommenden Abweichungen durch solche und ähnliche Dispositionen (vergl. pag. 553) nachgeahmt und veranschaulicht werden können, wie denn auch diese und die von Ben Saude früher beschriebenen Präparate²⁾ geeignet erscheinen, ein Licht auf das Zustandekommen der Gesammterscheinungen zu werfen.

IV. *Beiträge zu dem Versuch einer Erklärung der optischen Anomalien.*

In dem Vorhergehenden ist auf Grund der Beobachtungen und von durch dieselben ange-

1) Besonders schön gelingt das regelmäßig viergetheilte Präparat, in dessen Feldern die Ebenen der optischen Axen parallel den resp. Seiten des Rhombus stehen, vergleichbar der Fig. 49.

2) l. c. pag. 73.

regten Versuchen gezeigt worden, daß die Form, im weitesten Sinne des Wortes, das den optischen Abnormitäten Gestalt Verleihende ist und eine innige Beziehung dieser letzteren zu jener zu Tage tritt.

Die Beobachtungen am Granat¹⁾, welche lehren, daß es isophane und wirksame Krystalle bei ein und derselben Art und ein und demselben Vorkommen gibt, daß isophane Schichten mit solchen rhombischer Bedeutung im optischen Sinne in den Krystallen wechseln, daß in einigen derselben rhombische Zonen mit anderen trikliner Beschaffenheit alterniren, die Structur des Dodekaëders in die des Ikositetraëders überschlägt und der Charakter der Doppelbrechung dabei sich ändert, — fordern zu einer Ansicht über das Zustandekommen dieser Bildungen und zu einer Erklärung der Möglichkeit aller dieser Uebergänge auf.

Ich bin mir, wenn ich mich anschicke, dies zu versuchen, der Schwierigkeiten, die sich der Erlangung einer vollen Einsicht entgegen stellen, wohl bewußt, aber es scheint mir nothwendig an Stelle des von Mallard zur Erklärung des Beobachteten angenommenen submikroskopischen Zwillingsgemischs, eine Vorstellung zu setzen, die geeigneter ist die Erscheinungen zu erklären, als jener hypothetische Aufbau, der in seinem Wechsel dieselben hervorrufen soll.

Zu diesem Endeschicke ich voraus, daß ich zwischen molekularer Doppelbrechung, d.h. solcher, die aus ursprünglicher, gesetzmäßiger Anordnung der

1) Ebenso die am Alaun und Analcim. Vergl. auch de Schulten. Bull. Soc. Min. de France III. 1880. p. 151 und besonders V. 1882 p. 9, woselbst die richtige Erkenntniß sich Bahn bricht.

kleinsten Theilchen folgt und der, die secundär zu Stande kommt, unterscheide.

Für die erste wird, wie gesagt, angenommen, daß sie das Resultat der gesetzmäßigen Gruppierung der Moleküle ist, wodurch, entsprechend der Symmetrie der Anlage, zunächst das Krystallsystem, und damit, nöthigenfalls unter Zuhilfenahme des zwischen den Molekülen des Körpers vertheilten Lichtäthers, auch die optischen Eigenschaften sich ergeben. Wir schreiben diesen letzteren die besonderen Qualitäten zu, unabhängig von den Umgrenzungselementen und, wenn in einer gegebenen Richtung gewisse, hiermit in allen parallelen Geraden dieselben zu sein. Dies gilt in Strenge, wenn der Akt der Krystallisation ganz normal verlaufen ist und sich dabei keine störenden Einflüsse geltend gemacht haben.

Fragen wir nach dem Krystallsystem eines Körpers, so hängt dasselbe sicherlich von seiner chemischen Zusammensetzung ab; ist aber eine bestimmte empirische Constitution gegeben, so werden die kleinsten Theilchen noch verschiedener Gleichgewichtslagen fähig sein und in Folge dessen die resultirenden gesetzmäßigen Gruppierungen angesehen werden müssen, als hervorgehend aus verschiedenen gegenseitigen Einwirkungen der Moleküle auf einander.

Dies läßt sich, wie bekannt, so erklären, daß nicht nur die kleinsten Theilchen sich zu Gruppen von solchen Wirkungskräften vereinigt haben können, die von denen des einzelnen Moleküls verschieden sind, (Polymerie), sondern differente Wirkung läßt sich auch noch daraus herleiten, daß die Bindung der Grundstoffatome

im Molekül selbst eine verschiedene ist und sonach die Moleküle wiederum verschiedene Wirkungen auf einander ausüben können (chemische Isomerie), oder die gegenseitige Stellung der Moleküle zu einander, je nach Temperatur und sonstigen Einflüssen, sich als eine andere darstellt (Physikalische Isomerie).

In Folge der verschiedenen danach möglichen Anordnungen der Moleküle im Raume ergibt sich jeweils eine gewisse Symmetrie dieser Gebilde und dem entsprechend, Krystallsystem und optische Eigenschaften.

In dem regulären Systeme ist ursprünglich und, wenn keine anderen Einflüsse wirkend sind, eine solche Disposition der kleinsten Theilchen im Raume und des zwischen ihnen befindlichen Lichtäthers vorhanden daß, so wird angenommen, keine Einwirkung auf das polarisirte Licht stattfindet.

Diese Disposition wird nach allen einschlägigen Beobachtungen um so eher zu Stande kommen, je mehr der betreffende reguläre Körper in krystallinischen Massen und nicht in Krystallen auftritt. Kommt er in solchen vor, so bieten dieselben häufigst die Erscheinungen der secundären oder Spannungsdoppelbrechung dar, wobei die kleineren Individuen meistens wirksamer sind als die größeren. Wir können daraus wiederum schließen, daß, wie es auch die Beobachtungen an den Präparaten erkennen lassen, die Form das den optischen Abnormitäten Gestalt Verleihende ist. Den Vorgang hierbei werden wir uns so denken können, daß beim Act der Krystallisation, in einem kurzen Zeitmoment beim Festwerden, nicht nur eine Contraction der Masse, ähnlich den Colloiden stattfindet ¹⁾,

1) Vergl. Reusch. Pogg. Annalen 1867. B. 132 p. 621 u. 622.

sondern auch die Gestalt des vorhandenen Körpers selbst¹⁾ einen Einfluß auf diese Contraction geltend macht, der auf einer gegebenen Fläche, nach Art ihrer Umgrenzungselemente, nach dem auf sie wirkenden Druck, nach Temperatur und Concentration der Lösung verschieden, differente Effecte äußern wird und gleiche nur unter gleichbleibenden Bedingungen erzeugt. Die den Anforderungen des regulären Systems entsprechende Molekularanordnung wird aber unter dem Einfluß dieser bei der Krystallisation noch mitwirkenden Factoren nicht erhalten werden können; Aenderungen derselben werden vielmehr eintreten müssen, Vertheilungen der Masse, die Zustände herbeiführen, ähnlich denen in anisotropen Körpern, woselbst dieselben durch die Wirkung der Moleküle auf einander gesetzmäßig zu Stande kommen.

In diesem letzteren Sinne sind auch die Erscheinungen zu deuten, welche die sämtlichen Gelatinepräparate, die die Eigenschaften von Krystallen nachahmen, zeigen. Durch die Wirkungen der beim Eintrocknen erzeugten orientirten Spannungen sind in der Gelatinemasse Vertheilungen hervorgerufen, die an solche gesetzmäßiger Art in Krystallen erinnern.

Die Beobachtungen lassen aber erkennen, daß, wenn eine schwache Wirkung vorhanden, die Substanz nur zum Theil anisopha ist und in dieser Beschaffenheit streifenweise zwischen isopha nach den Begrenzungselementen der betrachteten Fläche oder deren Diagonalen eingelagert vorkommt. In anderen Fällen zeigt sich die ganze Masse wirksam und es findet auch

1) Zu diesem Ende muß angenommen werden, es haben sich ein oder einige Körperchen, ausgerüstet mit einer regelmäßigen Form, bereits gebildet.

hier eine streifen- und bandartige Vertheilung einer Partie von gewisser Wirkung in Theilen von anderer Orientirung statt.

Eine nächst höhere Stufe der Wirkung und bisweilen mit der soeben beschriebenen Art durch Uebergänge verknüpft, stellt die Zonenstructur dar. Das hierbei aber zu beobachtende Schwanken der Doppelbrechung nach Stärke und Charakter, die untermischten Schichten isophaner Beschaffenheit und wirksamer Theile wechselnder Bedeutung im optischen Sinne lassen erkennen, daß der Proceß der Krystallbildung zwar energischer, als früher, aber noch nicht einheitlich verlief und es ist anzunehmen, daß bei demselben vorkommende Temperaturänderungen, vielleicht auch solche im Concentrationsgrad des Lösungsmittels nicht nur die mehr oder weniger große doppeltbrechende Kraft der Zonen, als vielmehr auch ihren wechselnden Charakter der Doppelbrechung und endlich sogar die isophanen Partien zu Stande gebracht haben. Diese letzteren bildeten sich dann unter Bedingungen, die eine dem theoretischen Erforderniß nachkommende Anlage der kleinsten Theilchen gestatteten. So ist es nicht undenkbar, daß z. B. zugeführte oder frei gewordene Wärme eine sich vollziehende Contraction grade aufheben konnte. Dies würde auch die Bildung der nahezu isophanen Krystalle erklären, die mit optisch wirksamen zusammen vorkommen (Jordansmühl). Bei anderen, nur als isophan beobachteten Vorkommen müßte vielleicht noch die weitere Annahme gemacht werden, die Contraction der Substanz beim Festwerden sei nicht merklich genug gewesen, um die ursprüngliche Anordnung zu stören.

Was den Wechsel von wirksamen Stellen

verschiedener optischer Bedeutung anlangt, so würde derselbe mit dem Wechsel der Form und der Beschaffenheit der Flächen derselben zusammenhängen und speciell beim Granat nicht anzunehmen sein, es kämen die Partien differenten optischer Bedeutung durch die normale Doppelbrechung zu Stande und seien regelmäßig mit einander verwachsen.

Wird die Bildung noch einheitlicher und regelmäßiger, die Störungen durch Temperaturschwankungen zurücktretender, so tritt die mit der Zonenstructur häufig schon verbundene Feldertheilung allein auf. Die Wirkung der regelmäßigen Compression oder Dilatation, welche die Moleküle nähert oder von einander entfernt, hat dann den höchsten Grad von Vollkommenheit erreicht, der Einfluß der Begrenzungselemente und der der Wachstumsrichtungen bedingen eine Structur, die große Aehnlichkeit mit der bei wahrer Doppelbrechung vorkommenden zeigt. In den Fällen, in welchen die Krystallbildung Gerüste producirt, in denen sich die ausfüllende Masse, in der Temperatur verschieden von der des Gerüstes, absetzt, werden die Wirkungen noch gesteigertere sein, und sich dann bisweilen sogar, bei erheblicher Contraction der Masse, in Trennungen der Theile kund geben (Bertrand'sche Einzelindividuen, z. B. am Granat).

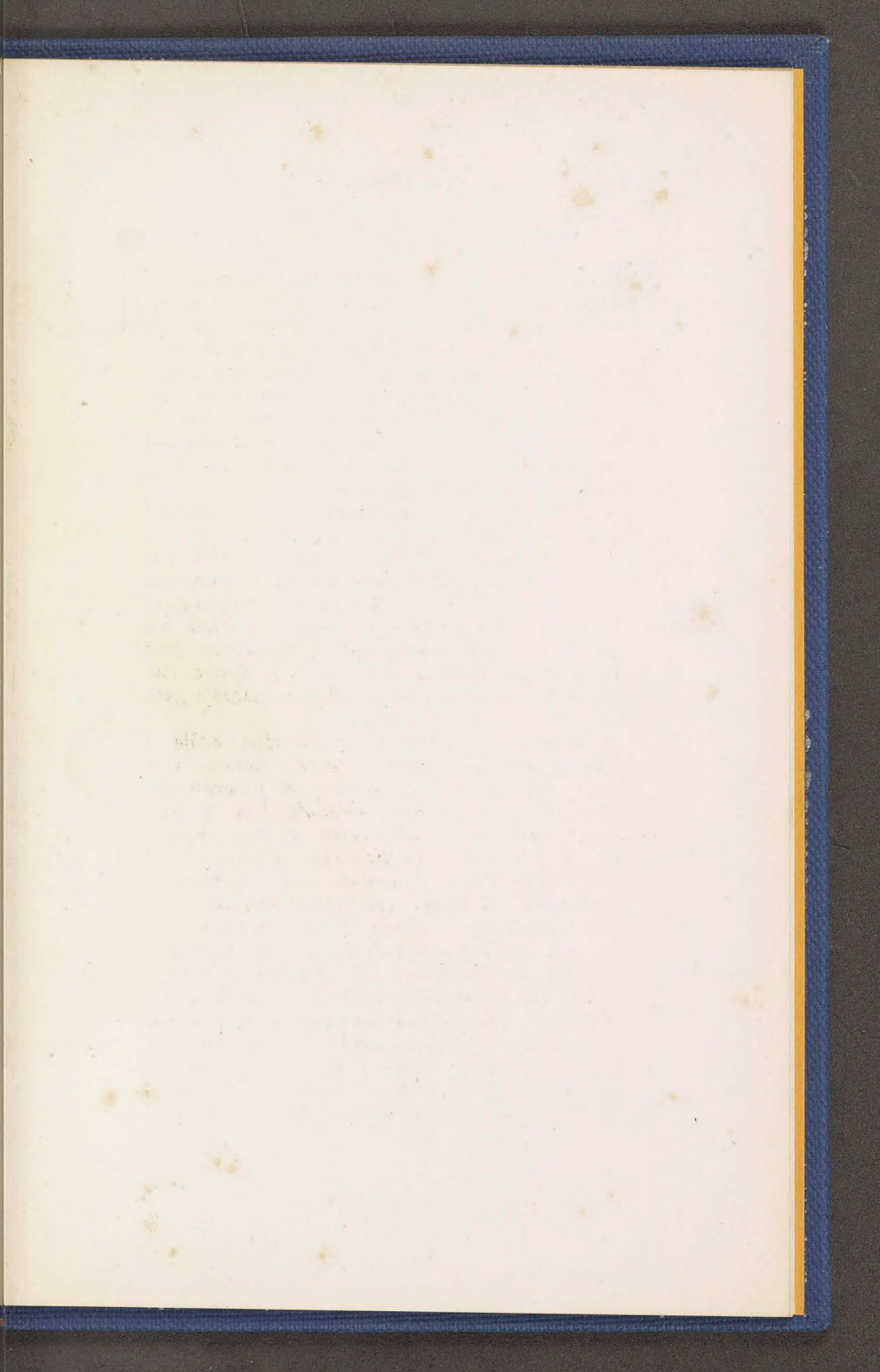
Diese Trennungsklüfte in den Krystallen sind daher Hauptbeweismomente gegen die Zwillingsbildung und für secundäre Doppelbrechung. Außerdem sind aber die unterscheidenden Merkmale dieser Doppelbrechung noch: Abhängigkeit derselben von den Umgrenzungselementen in jeder Hinsicht und ungleiches Verhalten in Richtun-

gen, die zu einer gegebenen bestimmten Verhaltens parallel sind. — Ein derartig während des Actes der Krystallisation in einen gestörten Molekularzustand versetzter Körper kann das Bestreben haben diesen Zustand wieder aufzuheben, die Festigung der Theile ist aber zuweilen auch so weit vorgeschritten, daß ein Verharren derselben und keine Veränderung beobachtet wird. Für beide Arten des Verhaltens gibt es Beispiele. —

Nicht allein bei regulären Körpern, sondern auch bei denen anderer Systeme können ähnliche secundäre Wirkungen erwartet werden und die Beobachtungen zeigen, daß sie vorkommen.

Sie werden aber in den optisch anisophanen Systemen, obwohl die erzeugenden Ursachen der Art nach dieselben sind, wie im regulären, doch nicht so zur Geltung kommen, wie in dem Systeme, in dem im optischen Sinne Gleichheit nach allen Richtungen herrschen soll.

Immerhin spielen sie noch eine Rolle in dem optisch einaxigen Systeme, treten aber dann mehr zurück in denen, in welchen die orientirende Kraft der Moleküle sich in drei Richtungen in verschiedener Stärke äußert. Es ist dies wohl dadurch zu erklären, daß hier zum Theil Coincidenz der Richtungen stattfindet, in denen die Molekularkräfte und jene secundären Einflüsse wirken; in Folge dessen tritt dann nur eine Verstärkung oder Schwächung der die molekulare Anordnung bedingenden Kräfte auf. Daß aber auch in diesen letzteren Systemen, den optisch zweiaxigen, Wirkungen nicht fehlen, die Störungen des molekularen Baues zur Folge haben können, dafür liefern die bei Körpern jener Systeme (z. B. Topas) beobachteten Abnormitäten den sichersten Beweis.



C. Klein, Granat.

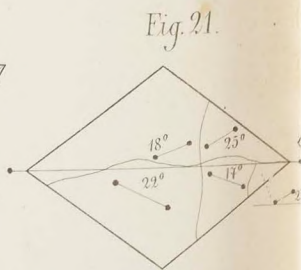
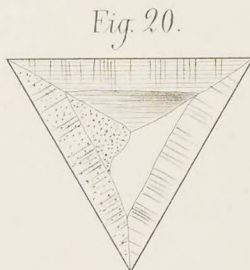
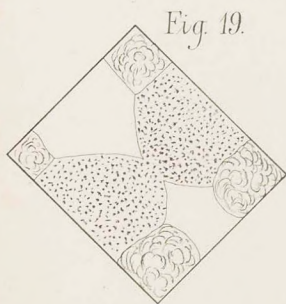
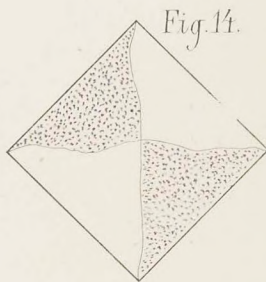
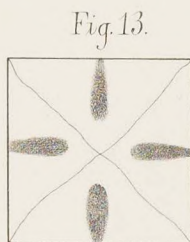
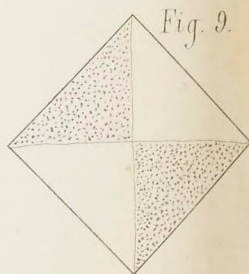
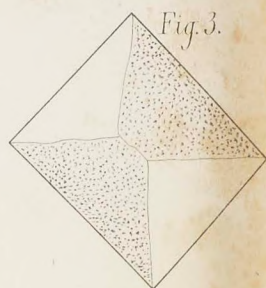
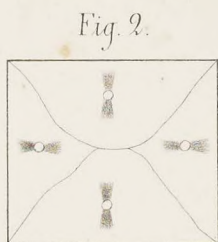
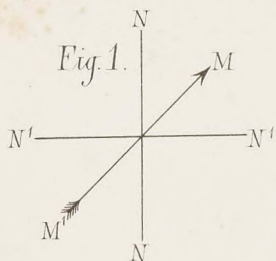


Fig. 4.

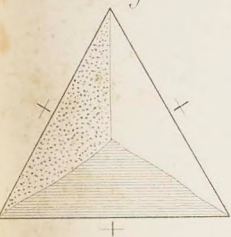
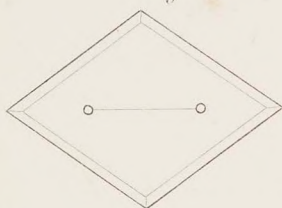


Fig. 5.



Taf. I.
Fig. 6.

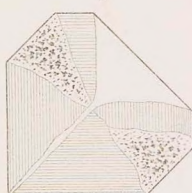


Fig. 10.

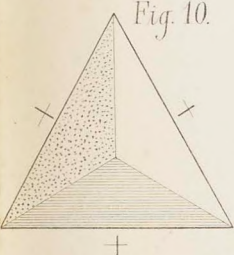


Fig. 11.

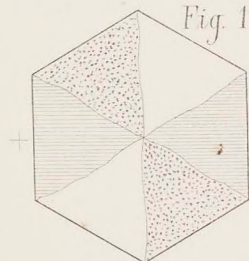


Fig. 12.

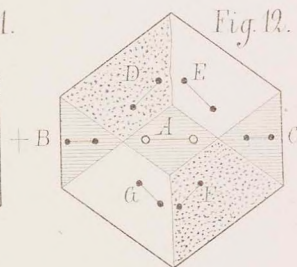


Fig. 16.

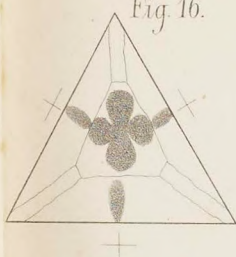


Fig. 17.



Fig. 18.



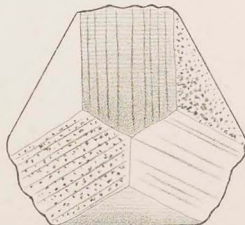
Fig. 22.

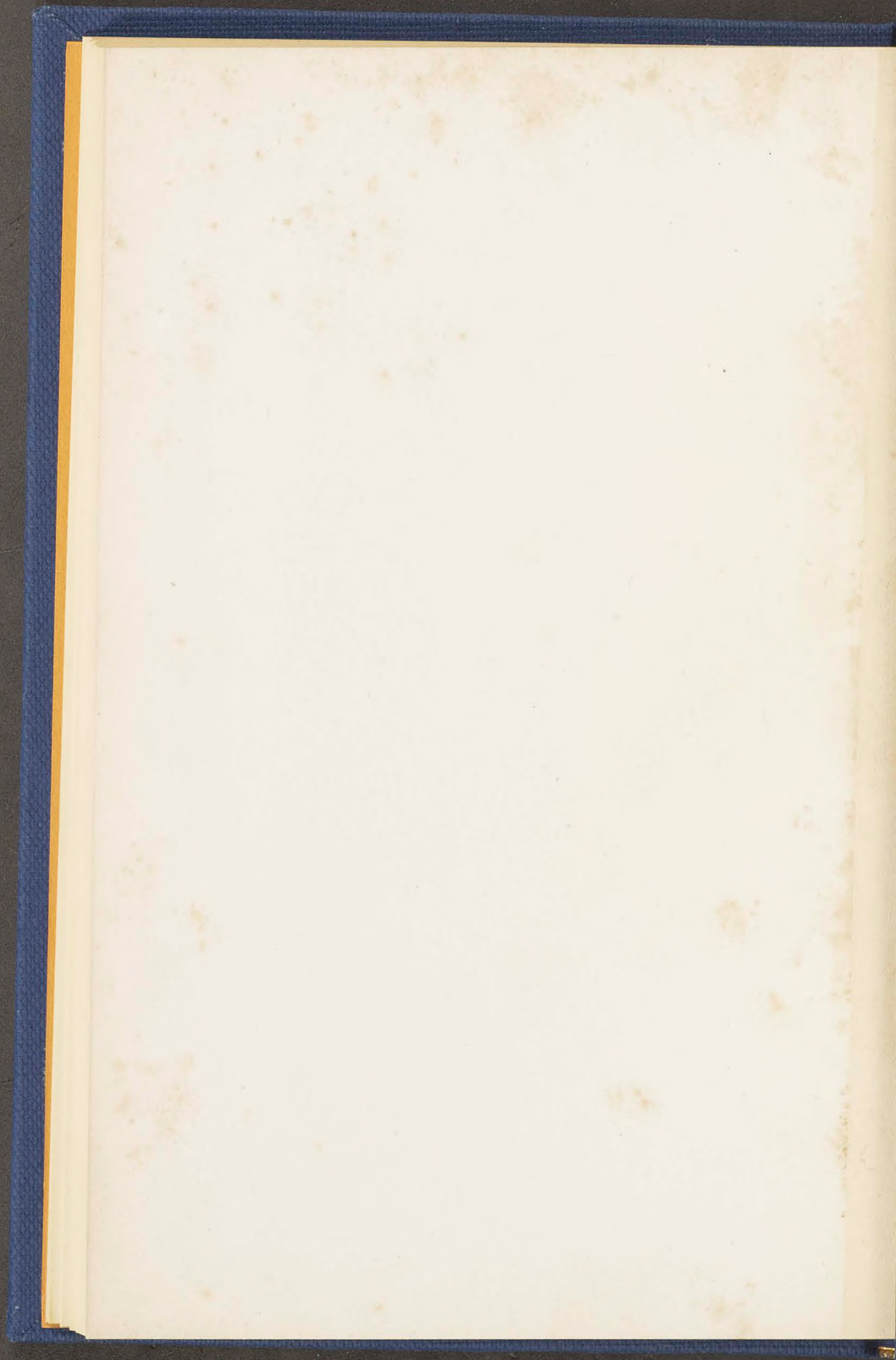


Fig. 23.



Fig. 24.





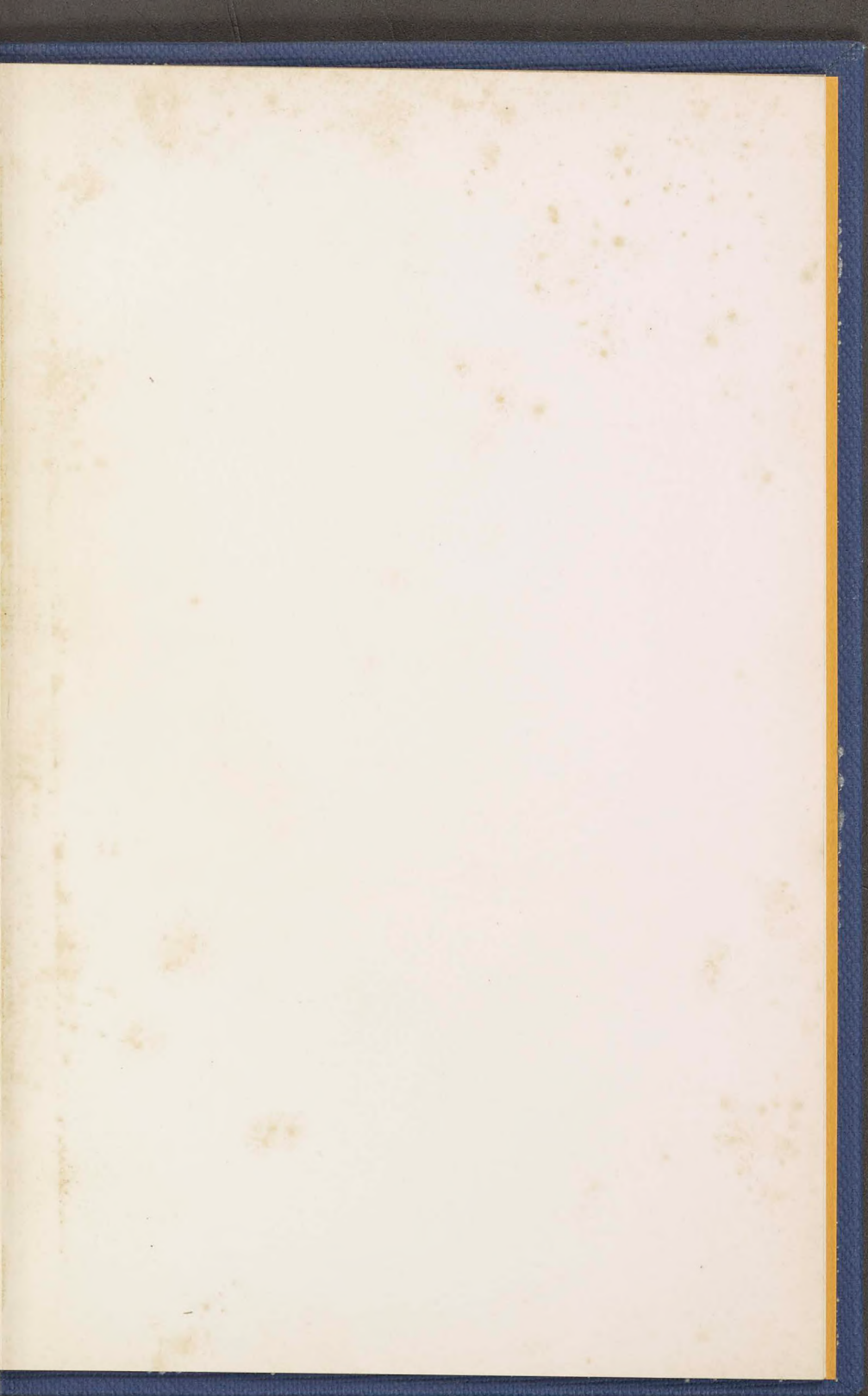




Fig. 36.

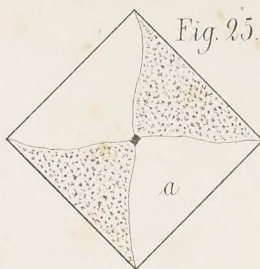


Fig. 25.

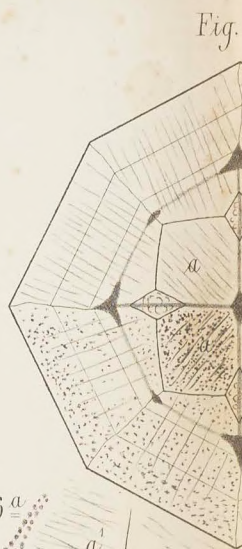


Fig.

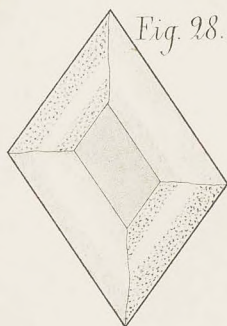


Fig. 28.

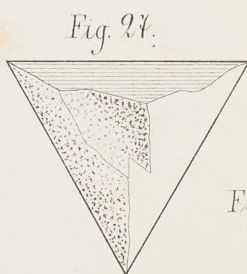


Fig. 27.

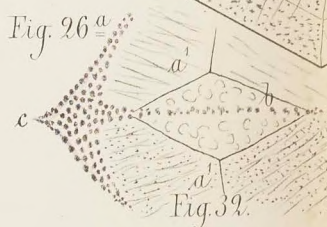


Fig. 26^a.

Fig. 30.

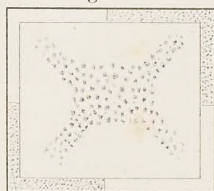


Fig. 31.

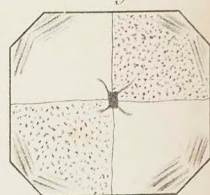
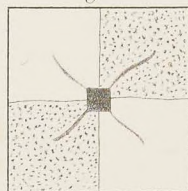


Fig. 32.

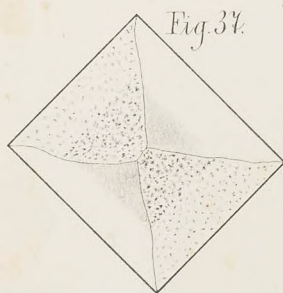


Fig. 37.

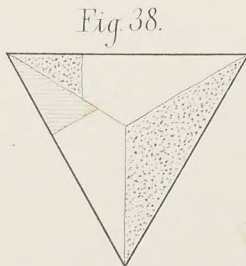


Fig. 38.

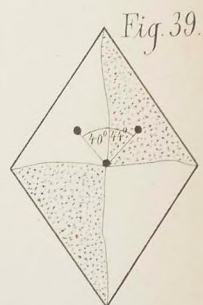


Fig. 39.

Fig. 29.

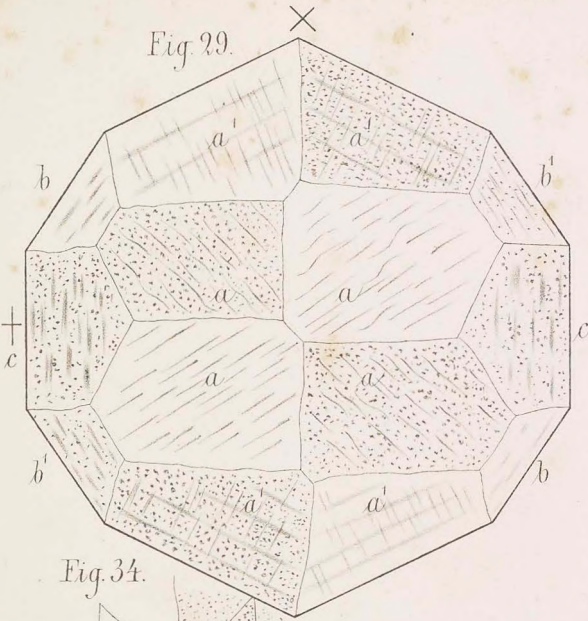


Fig. 34.

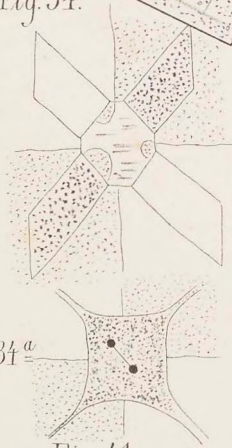


Fig. 34^a.

Fig. 35.

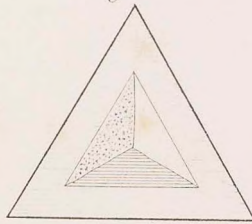


Fig. 33.



Fig. 40.



Fig. 41.

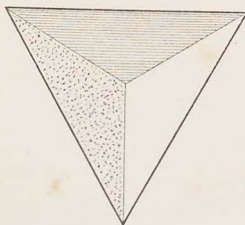
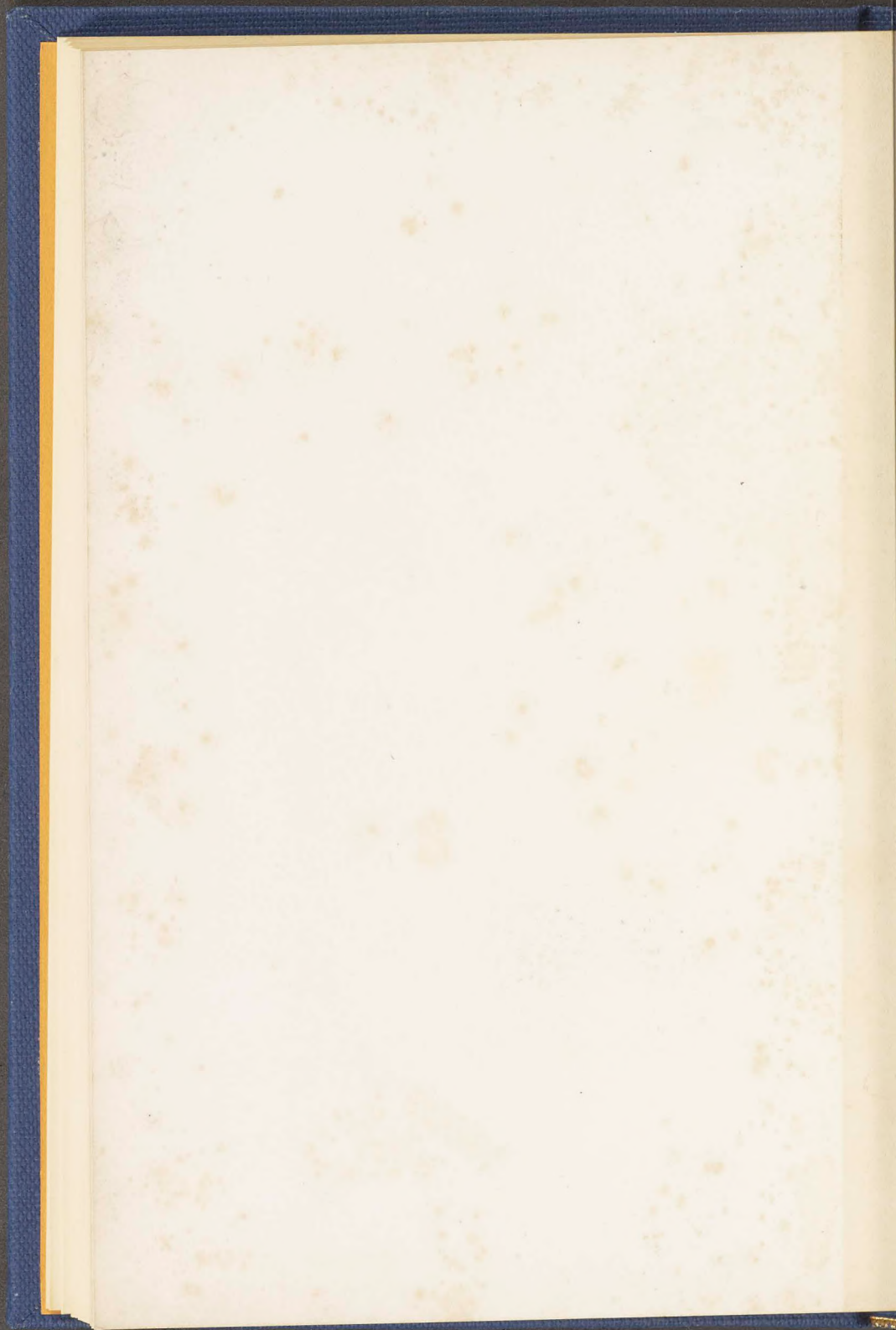
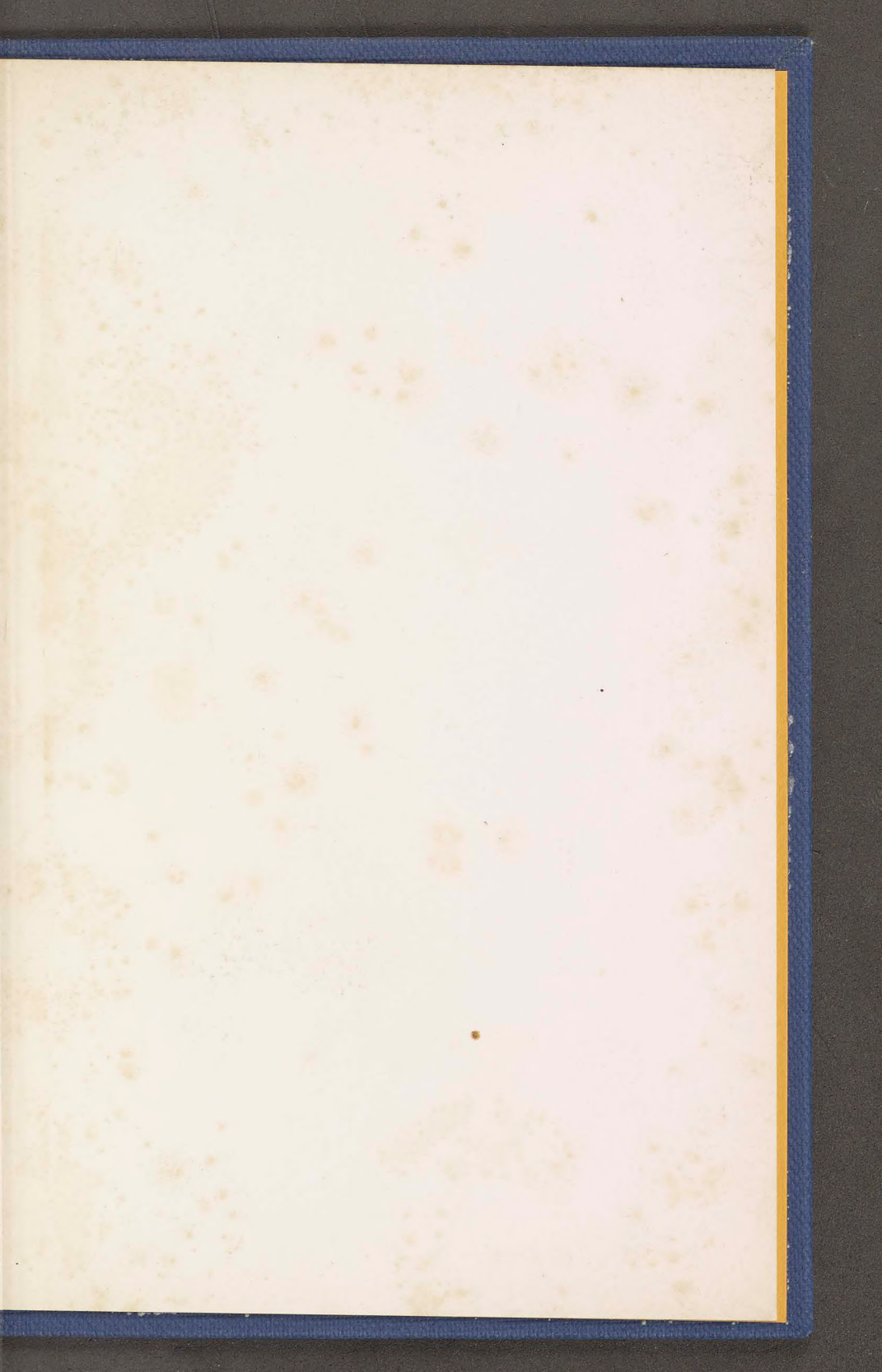


Fig. 42.







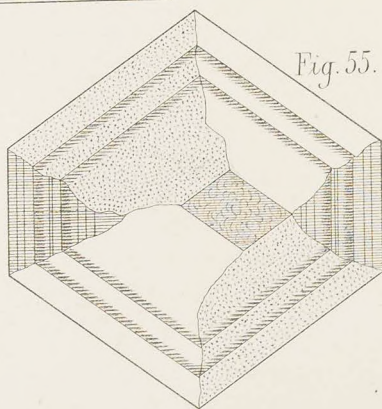
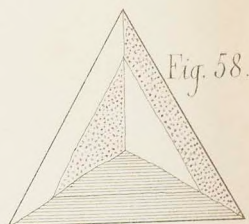
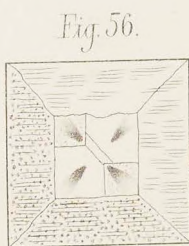
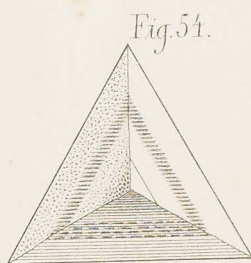
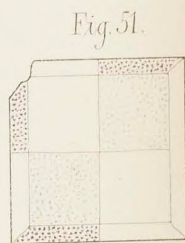
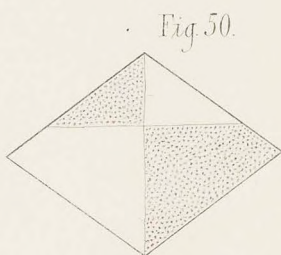
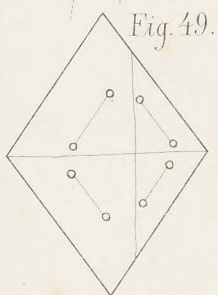
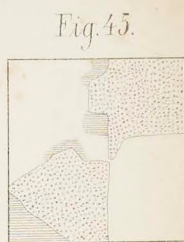
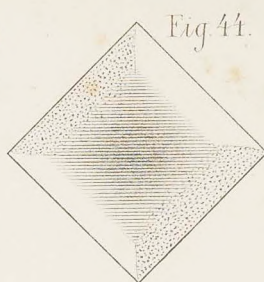
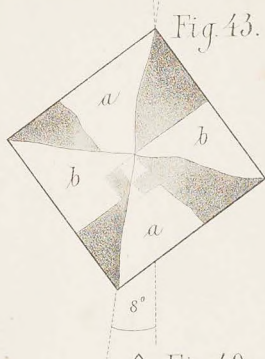


Fig. 46.

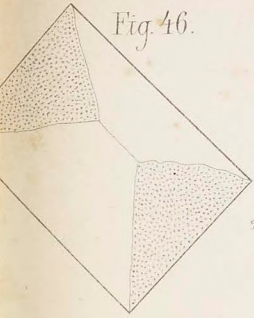


Fig. 47.

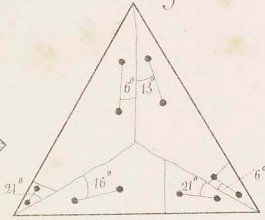


Fig. 48.

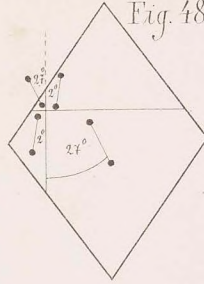


Fig. 52.

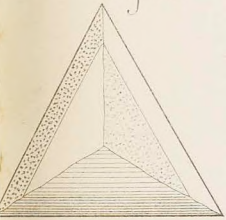


Fig. 53.

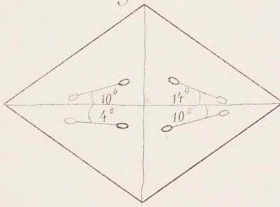


Fig. 54.

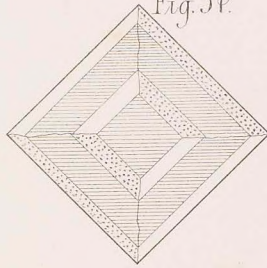


Fig. 59.

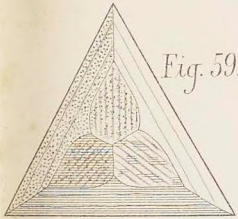


Fig. 61.

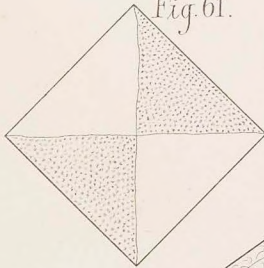


Fig. 62.

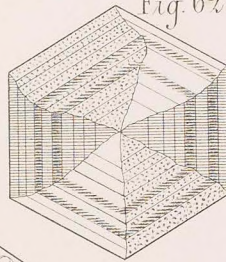


Fig. 60.



Fig. 63.

